
ITTORIO EM. III


PROVINCIA

DELLA RIFLESSIONE
DE' CORPI
DALL' ACQUA,
E
Della diminuzione della mole de' Sassi ne' Torrenti, e ne' Fiumi
DISSERTAZIONI DUE.





IN PARMA;

NELLA R. D. STAMPERIA MONTI IN BORGO RIOLO MDCCLIII.
COL PERMESSO DE' SUPERIORI.



ALL' ALTEZZA REALE
DI
D. FILIPPO
INFANTE DI SPAGNA,
D U C A
DI PARMA, PIACENZA, GUASTALLA EC.



Appena, ALTEZZA REALE, intrapprendeste il reggimento di questi *Stati*, ch' io m' affrettai a presentarvi il picciol libro de' *Fenomeni Elettrici* che vi compiaceste d' ac-

cogliere sotto de' Vostri Reali auspizj. Da ciò io prendo coraggio in oggi d'offerirvene un'altro di un tema meno mirabile, ma non meno filosofico, e vago. Quello fu un'ossequio dovuto a un Eroe, che onusto di trofei, e d'allori ritornava polveroso dal Campo, ed entrava nella sede delle sue gloriose conquiste. Ma questo è un tributo preciso di riconoscenza, e di gratitudine a un Benefico Principe, che esalta dalla polvere gli umili, gli appressa ai gradini del Solio, e loro affida gli affari più delicati della Reale coscienza. In quel giorno appunto, che MADAMA mi chiamò a dirigere la sua, Voi vi degnaste d'ammettermi alla più intima confidenza nel Real Gabinetto, perche vi porgessi ma-

teria d' eruditi, e scientifici ragionamenti. Allora fu che incominciai a convincermi di ciò che già di Voi parlava la Fama: ch' elevazione di genio, penetrazione di spirito, ampiezza di sapere erano le vostre minori doti, che pur sogliono essere le più brillanti ne' grandi Eroi. Non v' appagaste del vago spettacolo, che presenta a' sensi la Meccanica, la Diottica, l' Idrostatica, e delle nobili, e peregrine idee, che risveglia lo studio della natura. Voleste avanzarvi fino ne' più intralciati misterj dell' Algebra: anzi applicaste ancora la Real Mano a que' simboli, che ben adoperati sciolgono infiniti problemi, e spargono di verità, e di luce quelle sublimi tracce, che ci guidano alla scienza dell' Universo. Ma

mentre

mentre io pensava a introdur Voi ne' più intimi nascondigli della natura; Voi disegnavate d' introdur me ne' segreti seni della vostra anima. Tosto, che mi feste cenno della vostra risoluzione; non so se più di Voi, o di me maraviglia compresemi, quasi io fossi da tanto di servirvi in un Ministero, che senza sapere, discrezione, prudenza, e zelo non vuole intraprendersi, e senza l' acquisto di molte altre doti non si può proseguire. Ma ciò che in tale scelta accrebbemi la maraviglia, si fu la compiacenza, che Voi, e MADAMA dimostraste d'avere comune il direttore d' amendue le coscienze, compiacenza assai rara negli altri sposi, che avendo sovente comuni i falli, non amano aver comune la guida,

che gli rimetta sul diritto sentiere; Argomento è egli desso d' innocenti, e candide anime, dalle quali la conjugal fede tenendo lungi le gelosíe, l' amarezze, i sospetti serba intatta l'armonía, la pace, l' amore, e le guida all' istesso Giordano, all' istesse acque, all' istesso Aronne, che le purifichi, e mondi. Ma ciò ch'è per rapporto a Voi una verace pruova di vita innocente, è riguardo a me un giudizio assai favorevole, che almeno non vi dispiace, qualunque ella siasi la mia condotta, giudizio, che v' ha suggerito, e dettato la Reale Vostra Clemenza, e seguirà egli sempre a risvegliare in me sensi d' una affettuosa gratitudine, che tanto vieppiù acquisterà di spirito, e di perfezione, quanto

diver-

diverrà in me più chiara la cognizione de' Reali vostri favori. Così io valessi porgervi chiare pruove di quel legittimo, e puro zelo ch' io serbo in petto per Voi, e vi compiaceste di farne quell' uso, che in altri più aurei tempi santificava le Corti, e si procacciava il gradimento de' Vostri Antenati.

Ho consegrate al lavoro di questa operetta quelle ore, che mi rimanevano dall' attuale servigio; e perche anch' esse erano ore vostre, era dovere, che anche l' impiego, e uso di esse ritornasse a Voi, e da Voi acquistasse quel pregio, che loro manca. L' obbjetto di queste due dissertazioni non è rimoto dagli sguardi di V. A. R., nè forastiere a vostri Studj. Li Reali Palagi di Città, e

di Campagna ſono contigui a torrenti, e a fiumi, che ne formano l'amenità, e la vaghezza: Gli Studj voſtri più famigliari ſon volti ad oſſervare la natura, a rilevare i Fenomeni, a ſvilupparne i miſterj. Sembrerà a taluno la materia, che vi preſento più ſcherzo fauciulleſco, che ſerio filoſofico trattenimento. Ma chi così penſa, non s' accorge, che all' apparenza ſuppliſce un fondo ricco di belle verità, e un campo fecondo di nobili cognizioni. Se degnerete queſta operetta di un ſolo ſguardo, riconoſcerete la verità de' miei detti, e il gradimento voſtro deſterà l' eſempio di molti altri, che prendon la regola de' lor giudizj da Principi, ed addivengono ſcienziati, e dotti, mentre imparano a

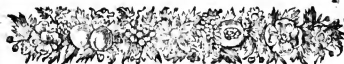
dive-

divenir Cortigiani, e baciandovi col più profondo rispetto le mani, mi dichiaro

Di Vostra Altezza Reale

Umiliss., Obbligatiss., e Devotiss. Servo

Jacopo Belgrado
Della Compagnia di Gesù.





Della Riflessione de' Corpi dall' Acqua.



Uelle scienze, che un tempo si reputavano severe, e gravi, o perche da Valentuomini severi e gravi erano professate, o perche ad obbietti sublimi, ed ardui venivano dirette, e applicate, in oggi son divenute le delizie, e gli amori delle persone leggiadre, e gentili, e dalla solitudine, e dall'ombra in cui furono anticamente allevate, e nudrite, alla vita pulita, e civile, al giuoco stesso, ed alla dolce conversazione sono dal nobil genio del nostro secolo ammesse, e con profitto, e piacere amabilmente trattenute. Qual scienza più severa, e grave della Filosofia, e della Mattematica avvi nell' opinione di tutti gli uomini? Non per tanto elleno, deposta l'antica severità, ma rite-

ritenuto il signorile natio decoro fanno gentilmente occuparsi, ed ora alla palla, e al bigliardo, ora a dadi, e alle carte, ora ad altri lusinghieri giuochi, e all' Europa tutta assai famigliari applicare i lor'utili, e profondi ragionamenti, adoprandosi in tal guisa a sviluppare nodi, a sgombrare misteri, a levare i pregiudizi di tanti, che molti casi de' giuochi alla cieca fortuna, e non alle giuste, e inalterabili leggi delle combinazioni erano avvezzi d'attribuire. Quanto dottamente a tali argomenti e gli Eugenj, e i Bernullj, ed i Moivre, ed i Monmorzi, ed i Zanotti, ed altri parecchi vollero i loro studj? Non graduarono eglino a scienza ciò che sembrava parto, o scherzo del caso? Non ridussero eglino a calcolo e i guadagni, e i danni? Non dimostrarono che tutti gli eventi dipendevano altri dalle leggi meccaniche, altri dalle proporzioni, altri dalle condizioni intrinseche alla natura del giuoco? Sulle tracce di tai valentuomini vo' anch' io in oggi filosofando rappresentarvi un puerile pastoral giuoco, ed ammaestrandovi su quelle cagioni, che lo rendono più ammirabile, e vago accompagnare col piacere

cere del rozzo la ſcienza del dotto. Fino da tempi antichi uſavano i giovanetti raccoglier ſul lido del mare guſci di oſtriche dal marin fiotto divenuti puliti, e liſci, o ſulla sponda d'ameno fiume leggeriſſimi ſaſſolini, e obliquamente nell'onda cheta vibrandoli traſtullarſi alla veduta di quegli ſpeſſi, e pronti ſalti, che quaſi carolando ſull'onde mettevano, e ſcambievolmente ancor provocarſi, e quaſi a disfida invitarſi, qual d'eſſi più deſtro foſſe, o felice a generare numero maggior di ſalti, e ad accreſcere a circoſtanti il piacere. Di ciò ci laſciarono dotte memorie e Polluce, ed Eſichio, e Suida, ed Euſtazio, e Paolo Leopardo, e 'l Meurſio, ed altri parecchi autori di ſimil guſto. Prima di filoſofare ſu tale giuoco, conviene annoverare que' fenomeni, che ad eſſo avvengono, in appreſſo accennare le condizion neceſſarie, perche alcun d'eſſi non manchi. Li fenomeni più ſingolari ſi riducono a queſti. Li ſaſſolini riſalgono ora dalla ſuperfizie, ed ora dal ſeno dell'acqua: ciò ſi ſcorge ne' primi ſalti, e queſto negli ultimi. Li primi ſon più lenti, e più lontani tra loro degli altri, che

 ſoglio-

fogliono comparir più vicini, e conseguentemente più pronti. Sembra sovente che tai sassolini vadano continuamente radendo l'acqua, e quasi palle su piano di liscio avorio s'avanzino, e strischino. Talora alcuni appresso il primo, o secondo salto cangiano direzione, ed ora ad uno, ed ora a un'altro lato si piegano: finalmente dopo varj salti o s'affondan nell' acqua, o se il fiume non è assai ampio, alla sponda opposta tragittano, e varcano. Ecco i principali fenomeni da molte sperienze, ed osservazioni tratti, e raccolti. Aggiugnerò ora le condizioni a ciò necessarie, da cui, s'io non erro, interamente dipende la maggior parte d'essi. Consiste la prima nella scelta del sasso: egli vuol' essere leggiere, e liscio, di figura o rotonda, o ellittica, quasi schiacciato, e piano. Appartiene la seconda alla applicazione di lui convenevole tra il pollice, e l'indice della mano, in guisa che il piano della pietra prodotto passi per esse dita. La terza condizione misura il grado di forza, onde si scaglia e vibra; e quanto ella è più gagliarda, quanto più addietro il braccio si torce, e ritira, tanto più numerose sono le

mini-

minime azioni d' impeto, che nell' avanzare poscia il braccio si generano, e più perfetti riescono i fenomeni già descritti. La quarta che per varj titoli merita il primo luogo, contiene la direzione, e l' angolo che la linea dal sasso descritta dee formare coll' orizzonte, o sia colla superficie dell' acqua: quanto egli è più acuto, dentro però alcuni limiti, i salti riusciranno più numerosi, e più snelli. Ma tutto ciò poco giova, se ci manca non so quale destrezza, che procacciasi coll' esercizio, e colla osservazione; ma che principalmente deriva da un' ottima disposizion di natura, la quale nelle cose tutte vuole a se attribuire la miglior parte.

Siccome il risalire del sassolino egli è il più mirabile fenomeno di questo giuoco; così da esso conviene prender le mosse: nè io m' atterrò ad altro metodo, che a quello di dedurre dalle cose più semplici le più composte. Che una tale riflessione, o si generi nella superficie, o nel seno dell' acqua, sia vera, e simigliantissima a quella degli altri corpi, che sopra un piano elastico, e solido cadendo vengono di là ripercossi, egli sembra sì certo, e chiaro, che senza avere piena *di*

filosofia la lingua, e *'l petto*, facilmente assai si comprende. Se sopra liscio e solido piano con la direzione d' un dato angolo vibrasi palla d' avorio, non iscorgesi che dopo l' urto ella risale verso l' opposto lato con angolo eguale, se ciò facciasi in tempo minimo (perchè allora minimo è altresì lo sfregamento), ovvero prossimamente tale, se perfettamente elastiche non fossero le palle, e i piani? Ora qual divario avvi tra questo fenomeno, e 'l nostro, tra la palla che si riflette dal piano, e il sasso che risalta dall'acqua? Non si osservano forse quasi egualmente da amendue le medesime leggi degli urti, e salti? Non si veggono quasi le medesime direzioni innanzi, e appresso gl' incontri di tutti e due gli sperimenti? Anzi non è avvenuto lo stesso fenomeno colle palle d' artiglieria obliquamente scaricate sull' acqua, che da questa balzando s' avanzarono o a ferir li nemici sulla contraria sponda schierati, o ad offender le navi loro (a)? Con tanta uniformità di fenomeni sembra che non s' accordino le cagioni, e i principj, onde deriva la

(a) Memoires de l' Accademie Royale des sciences 1705. Leçons de Physique Par Nollet Tom. 1.

va la riflessione. Questa pare ch' esiga un piano solido, ed elastico, e nè l' uno, e nè l' altro sembra che all' acqua convengasi. Qual cosa più cedente d' essa avvi, e mobile alle menome impressioni de' corpi strani? Quanti sperimenti dall' Accademia del cimento (a), e da altri (b) non si son replicati, per conoscere se ella sia elastica, e dal loro avvenimento que' valentuomini han deciso, ch' ella veramente non l' è? Eppure ove non v' ha elaterio, manca il principio che determina i corpi a cangiar direzione, ed ad acquistarne un' altra alla prima contraria, e perciò manca la cagione della riflessione de' corpi. Prima di scior tal quistione, convien premettere varj *dati*, o verità certe, che quasi di fedel guida ci serviranno, per non errare per li filosofici intralciati sentieri. Ogni corpo o solido, o liquido in tal maniera resiste al moto, ed urto d' altro corpo, che in lui s' avviene, che dopo varie replicate sue reazioni si riduce finalmente alla quiete. Questa resistenza vieppiù ella cresce, crescendo la velocità, e la forza dell' urto. Così al sasso resiste l' acqua, e tanto più ella op-

(a) Saggi di Sper. (b) Mussehembroek Comment. in Tent.

ponesi al suo tragitto, quanto è desso più gagliardamente scagliato, e secondo l' opinione de' più accreditati maestri tal resistenza segue la ragione duplicata delle velocità de' corpi che urtano. Quindi se col medesimo angolo due corpi eguali, e simili con ineguali velocità vengano scagliati in guisa, che la velocità del primo sia alla velocità del secondo, come 2. a 4.; sarà la resistenza dell' acqua al tragitto di quello, alla resistenza della medesima al tragitto di questo, come 4. a 16., vale a dire quattro volte maggiore. La ragione è assai chiara. Poiche tali corpi varcando un mezzo con esse velocità, nel tempo stesso descriveranno due spazj, che tra di loro saranno, come le medesime velocità, conseguentemente sarà la quantità d' acqua, per cui s' aprirà il passo il primo corpo, alla quantità di quella, che fenderà il secondo, come 2. a 4. Ma osservisi ancora che il secondo corpo essendo doppiamente più veloce del primo, ogni elemento, o velo d' acqua sarà dal secondo urtato con velocità, ed energia doppiamente maggiore, o sia l' azione che eserciterà il secondo su l' acque sarà dupla dall' azio-

ne eser-

ne esercitata dall' altro; ed essendo sempre l' azione eguale, e contraria alla reazione, e resistenza di ciascun velo d' acqua; doppia sarà altresì la resistenza che opporrà ogni elemento al tragitto dell' altro corpo; ed ecco la genesi delle resistenze nella ragion duplicata delle velocità. Poiche se gli elementi che resistono al secondo varco son 4., gli altri, che s' oppongono al primo, saranno 2.: aggiungasi che ciascun di quelli è dotato di velocità 4., e ciascun di questi di velocità 2., onde per ottenere la resistenza totale di quelli, conviene tante volte aggiugnere 4., quanti sono gli stessi elementi, che resistono al secondo corpo, vale a dire conviene moltiplicare 4. per 4, e nel secondo 2. per 2., onde la prima resistenza sarà quadrupla della seconda. Ma questi non sono tutt' i fonti, onde deriva la resistenza dell' acqua. Le sue menome particelle sono tra loro unite, e scambievolmente da non so quale tenace vischio impaniate, onde a sciorle, e slegarle ricercasi qualche grado di forza, che tanto cresce, quanto crescono le divisioni de' veli d' acqua, che convien fendere. Ora di nuovo a queste divisioni resi-

ste

ste l'acqua, come resistono ad una palla che piomba dall'alto alcuni fini, e delicati filamenti di seta in varj piani paralleli distribuiti, che convien rompere, e in ciò fare ne ritardano il corso. Che se quì la resistenza segue la ragione del numero de' fili che s'incontrano, anche là la resistenza de' veli d'acqua sarà soggetta alla medesima legge. Ma se a' detti tre fonti aggiungasi il quarto, vale a dire, lo sfregamento della palla coi veli d'acqua, che la circondano, e che perciò le rendono vieppiù malagevole, e lento il suo tragitto, a qual misura non s'aumenterà in poco d'ora all'acqua la resistenza? E se la velocità della palla divenisse infinita, chi non vede, che anche quella oltrepasserebbe i termini del finito, e sembrerebbe l'acqua quasi immobile piano atto ad arrestarle il moto, o almeno la direzione? Ma se voi non sapete adattare la fantasia a concepire una velocità infinita, immaginatevi almeno una velocità molto grande, e poscia ponete mente, che la resistenza cresce ancora per altro titolo, cioè per l'accrescimento della superficie del corpo, che all'acqua presenta, ritenendo non però tanto l'istes-

l'istesso peso, onde una palla che perde la sua rotondità, e diviene schiacciata, e quasi piana, e urta l'acqua con la sua base, ritrova in essa maggiore difficoltà ad aprirsi il sentiero che prima; ed avverandosi ciò nel sasso, quasi orizzontalmente gittato nel fiume, voi v'accorgerete, che più tarda, e difficile sarà l'acqua ad accordargli un favorevol tragitto. Ma affine che meglio penetriate il fondo di questa materia, fa di mestieri ch'io vi spieghi la maniera, onde si genera la riflessione de' corpi su i piani solidi, e l'origine delle lor leggi. Immaginatevi che la linea A B rappresenti la sezione d'un piano orizzontale, e immobile, su cui cade nel punto C la palla D spinta secondo la direzione C D, che forma l'angolo D C A col piano A B; sia espressa dalla stessa C D la forza, o velocità impressa alla palla, che parte dal punto D. Sanno in oggi anche i men dotti, che la direzione, e la forza D C equivale a due direzioni, e forze, vale a dire alle D G, G C, l'una perpendicolare, e l'altra parallela al piano A B, e nello stesso modo la forza D C s'imprime nel piano, siccome farebbe quello dalle forze late- Fig. 1.

laterali DG, GC alla stessa palla applicate fosse percosso, e spinto. Per la qual cosa siccome amendue equivalgono alla sola DC; così questa ad amendue equivale. La forza GC, ovvero DE parallela al piano interamente lo schiva, e perciò non produrrà in esso alcuna impressione, e rimarrà alla sola DG, o GE la pressione del piano; ed essendo la reazione eguale, e contraria all'azione, anche la resistenza del piano contra la palla riterrà la stessa direzione GE. Ciò supposto, richiamisi a memoria il sasso, che con una simile direzione investe l'acqua. Non sarà ella forse equivalente alle due di sopra descritte, e l'azione d'essa perpendicolare contra del fluido non potrà forse esprimersi per la stessa EC, come la parallela per GC? adunque il sasso fendendo in guisa l'acqua pel taglio suo acuto, e sottile, che alla distesa, ed ampia sua base maggior porzione di fluido presentisi, che all'altro lato; ne verrà altresì che la maggior resistenza al suo avanzamento avrà una direzione perpendicolare al piano dell'acqua; e tanto meno egli discenderà nel fluido, quanto sarà la sua base più larga, e piana.

La

La forza che s' impiega a promuovere la discesa si vuole prendere nella E C, e quanto l' angolo D C A sarà minore, tanto anche la E C s' accorcerà, e meno il sasso penetrerà sotto la superficie del fluido. Le cose fin quì dette acquistano maggior credito dall' osservazione, e dalli sperimenti. Molti d' essi c' ammaestrano, che se si vibri la palma della mano perpendicolarmente su la superficie dell' acqua con molta forza, si pruova un dolore assai grande, eguale a quello che sentirebbesi percotendo un' immobile piano, e a M. Carrè (a) è avvenuto di rompere un grosso legno nell' atto di battere con esso l' acqua. Scaricando contra d' essa palle d' arcobuso, non solo hanno queste cagionata un' agitazione, e sconvolgimento incredibile in tutto il fluido; ma sono rimase dalla resistenza di questo ora schiacciate, e appianate, ora in minutissime particelle ridotte, e non rade volte a guisa de' sassi ancor riflettute. Alcuni opinarono, che tai fenomeni derivassero non solo da quelle leggi di resistenza, che di sopra abbiamo arrecate, ma che altresì.

(a) Memoires del Academie Royale des Sciences 1705.

tresì ascriver si dovessero ad una individua indole, e natura dell'acqua, i cui elementi insensibili fossero d' una singolar durezza forniti, ciò che da altri sperimenti deducesi, che non è d' uopo quì d' apportare. Tosto che la pietra entra nel fluido, perde secondo le leggi dell' Idrostatica una parte del peso suo, cioè quella che adegua il peso del fluido d' un volume eguale al volume del solido, onde altro peso a lei non rimane, se non quanto corrisponde alla differenza specifica del peso del solido, e del liquido. Ma perche tal differenza comunemente non é molta; per essere i sassi de' torrenti, e de' fiumi il più delle volte leggeri assai; perciò peserà assai meno entro l' acqua, che prima; e perche la misura della forza dipende anche dal peso, scemerà anch' essa per questo titolo, onde non è maraviglia, se da tanti principj essendo diminuita la forza sua perpendicolare sia tenuta a cangiar direzione. Sia tal forza DL, ovvero
Fig. 11. GF, AB la superficie dell' acqua: perda essa per li contrasti che incontra, la parte FK, e ritenga l' altra KG colla CG parallela ad AB, sarà obbligata la pietra a

passa-

paſſare dalla direzione D C F nella C K: giacche eſſa componeſi dalle due C G, GK: Quanto più creſcerà la reſiſtenza dell'acqua, più devierà la pietra dalla direzione C F, e s'accoſterà alla parallela C B. Queſta deviazione dalla primiera linea appellaſi *refrazione*, ed è dalla ragione, ed eſperienza veriſſima dimoſtrata. Ella ſi genera nel tragitto obliquo d'un corpo da un mezzo raro ad un più denſo, o all'oppoſito da un denſo ad un più raro. Se il corpo urtaſſe in tal reſiſtenza, che gli eſtingueſſe il moto perpendicolare, allora rimarrebbegli la ſola forza parallela al piano, e deſcriverebbe la linea CB o un'altra a lei parallela. Ma ſe dopo averla perduta, A B gliela reſtituiſſe colla ſua reazione, allora rifletterebbeſi ſecondo la direzione CG, e l'angolo di rifleſſione GCB adeguerebbe l'altro d'incidezza ACD, e ſe una ſola parte ſe gli rendeſſe, ſenza dubbio ripercoterebbeſi con un'angolo più o meno grande ſecondo la porzione, e miſura della forza reſtituita. Da ciò mi ſorgono in mente varie rifleſſioni, che ottimamente c'ammaeſtrano d'alcune ſagge leggi della natura. Se il ſaſſo Fig.III.

nel tragitto da un mezzo ad un' altro non truova divario di resistenza, l' angolo compreso dalla direzione CH, e dalla superficie AB, cioè BGH adegua l'angolo con cui realmente rifletterebbesi da un piano perfettamente elastico. Quindi tanto nella massima che nella minima resistenza gli angoli delle direzioni col piano AB nel punto G sono eguali, se non che nel primo caso sono volti verso la stessa parte, nel secondo verso l' opposta. In appresso osservisi che più cresce la resistenza del mezzo, più cresce ancora la rifrazione, e più acuto addiviene l' angolo FCB. La massima riflessione, e la minima refrazione, cioè i due punti G, H sono diametralmente opposti, ed egualmente distanti dal punto B, ove non avvi nè riflessione, nè rifrazione, ma bensì perdesi tutta la forza perpendicolare: non mai si varca dalla rifrazione alla riflessione senza passare pel punto B, ove osservasi la legge assai nota della natura, che non mai passa da un moto a un' altro contrario senza passare o per l' infinito, o pel zero: nè la riflessione è altro che una forta di rifrazione ad una parte contraria. Siccome nel punto B

to B intendesi estinta tutta la forza perpendicolare; così per avere il tragitto verso il punto G esigesi qualche reazione, o forza contraria, che ravvivi, e restituisca o tutto o parte del moto estinto. Queste osservazioni sono feconde di moltissime verità: se nella riflessione perfetta vuolsi un piano ch'estingua prima tutta la forza della direzione perpendicolare, e poscia tutta la ravvivi, cioè un piano elastico, e fermo, se per evitare ogni qualunque rifrazione ricercasi un piano, che niente al corpo alteri il moto suo; ne seguirà, che nelle riflessioni imperfette non sarà necessario un piano interamente immobile, ed elastico, ma più o meno resistente, perchè ricuperi qualche grado della forza perduta: da ciò comprendesi che tal fatta di riflessione in parte è simile alla rifrazione, e in parte è diversa. Nell'una, e nell'altra estinguesi la forza perpendicolare, ma non ravvivasi in amendue. Anzi aggiungo, che in qualunque genere di riflessione è necessario, che tutta prima manchi la forza perpendicolare, e non basta porzione d'essa, e ciò deducesi dalla seguente dimostrazione. Suppongasi, che un corpo do-

po aver perduta la parte EH della BH, gli rimanga l'altra BE, or veggasi se possibil sia che riflettasi dal punto E. Giacchè gli rimane la porzione BE, sarà esso corpo spinto, e sollecitato a discendere da lei, e avrà una velocità analoga a tal residuo di forza: affine che si rifletta, dee generarsi una forza contraria da qualche reazione, che lo diriga all' alto. Questa reazione secondo le leggi della natura si genera a poco a poco; e l'effetto suo nel primo elemento di tempo sarà minimo, e infinitesimo, o sarà minima la velocità che lo sollecita all'alto, mentre è finita la velocità, onde sentesi sospinto al basso: quindi l' azione della forza che in su lo muove, sarà superata e vinta dalla maggiore, che in giù lo preme: perciò non mai avverrà ch' ei possa essere riflettuto. Tutt' insegnano che se una palla d' avorio cade sopra un' immobile piano elastico, ella non si rifletterà giammai, se prima tutto il moto perpendicolare non impiegasi nella compressione del piano, e nel momento appresso ch' ei manca, incomincia il piano a rimettersi nello stato di prima, e insieme si genera la

ra la forza perpendicolare che lo riflette. E la ragione di ciò è assai chiara. Fin che vi rimane nel corpo che urta, qualche grado di forza contra del piano, egli è sempre maggiore di quello che può generarsi dalla reazione del piano per ritorcerlo verso l'alto. Ora, che l'acqua toglie al sasso quella forza che lo determina alla discesa, pare con ciò faccia essa le veci d'un'immobile piano, che s'oppone ad ogni avanzamento, e moto verso la terra. Ma perche meglio comprendasi, come l'acqua equivalga ad un'immobile piano, osservisi che ogni sottilissimo velo d'acqua, per cui trasmettesi il sasso, egli è bensì un piano mobile, e cedente, ma però di qualche resistenza, e contrasto, onde varcando esso per molti, e molti, la somma d'essi veli d'acqua equivale a un piano di resistenza quasi infinita qual si è quella del porfido, e del diaspro. Quella resistenza che questo genera presentando al sasso il polito suo piano, si produce da quella nel successivo incontro de' veli suoi quasi in un tempo eguale. Ma pongasi mente a ciò, che costituisce una maggiore analogia tra la resistenza dell'acqua, ed il con-

trasto del marmo. La solidità, e durezza del porfido non deriva dalla sua superficie, ovvero dal primo strato, che la compone, ma altresì da gli altri tutti continui, e successivi, che ne formano la solidità, e robustezza; ciascun d'essi è cedente, pieghevole, e di pochissima resistenza, come diafani sono gli elementi, e sottili strati de' corpi opachi, e oscuri. La durezza producesi dalla continuazione d'altri molti, e quasi infiniti insieme legati, e stretti. Avvi solo questo divario tra la resistenza dell'acqua, e del marmo, che la coerenza, e il legamento degli strati di questo essendo lungamente maggiore dell'unione delle parti di quella, il corpo non sente l'effetto, e la forza di tal contrasto, se attualmente non tocca, e penetra alcuni strati del fluido. Ma pongasi ch'esso rassodisi in duro diaccio, e ottengasi il necessario legamento de' veli suoi, ecco che la superficie dell'acqua rappresa in gelo offre a' corpi l'istesso contrasto, che loro offrirebbero i più sodi marmi del mondo.

Prima d'accostarmi al principio, che determina la riflessione de' sassi, penso d'intra-

trametter una non disacconcia digressione sull' indole, e sulla natura della luce differente da quella degli altri corpi nel punto della rifrazione. Gli altri, come s' è detto di sopra, nell' atto del rifrangersi s' allontanano dall' asse della rifrazione, ovvero s' accostano al piano AB, che divide i due mezzi. La luce all' opposito rifrangendosi s' allontana dal piano AB, e s' appressa all' asse di refrazione nel tragitto da un mezzo raro a un più denso. Ciò sembra tanto più mirabile, e strano, quanto è chiaro, che la luce egualmente, che gli altri corpi, assoggettasi alle stesse leggi delle riflessioni. Alcuni opinarono che la luce tragittando da un mezzo raro a un più denso entri in una via più facile, e più omogenea alla sua natura, ciò ch' io non posso nè comprendere, nè ideare. Varchi obbliquamente la luce dall' aria all' acqua: se la luce ritrovasse più facile il passo dall' aria all' acqua, perche alcuni raggi si rifletterebber dall' acqua, alcuni si trasmetterebbero più agili, e snelli, che se seguisser nell' aria il loro corso? Come la stessa luce rispettivamente a que' raggi che si riflettono, incontra un' in-

 supe-

soperabil contrasto; e rispettivamente a quelli che si trasmettono, s' affretta, ed agevola loro il passo? Come alcune particelle dell' acqua sono così incivili, e zotiche che la rifiutano, altre sì cortesi, e gentili che l' accolgono civilmente? Affine di conciliare verisimiglianza ad una tale opinione, s' immaginano essi nella composizione dell' acqua, del vetro, e del cristallo diversi elementi, altri de' quali son duri, e rifiutan la luce, altri sottili, e delicati ripieni di piccioli vuoti alla sola luce accessibili, pe' quali entrando s' agevola il varco, e cangia direzione, e via. Ma questa sorta di filosofare mi sembra affatto ipotetica, e poco conforme alle leggi della natura. Giacchè l' acqua è composta di tali parti, altre delle quali niegano, altre accordano volentieri il passo alla luce, perche non avvene di quelle ancora, che son di mezzo tra quella, e queste, e difficultano alla luce il passare liberamente? Possibil fia, che negli elementi dell' acqua, e nel vetro non vi siano quelle gradazioni diverse sì comuni agli altri corpi, e sì conformi allo stile della natura. Ma quandanche ciò vero fosse, e perche la maggior

gior facilità del mezzo potrà cangiar direzione, e affrettare il passaggio al raggio del Sole? Nel vuoto, ch' è il mezzo della massima facilità, non ritardasi veramente il moto al corpo, ma neppure s'accresce, e conservasi intero nello stato di prima. L' essere un mezzo più o men facile ad altro non si riduce, che ad essere più, o men resistente al corpo che a lui si presenti. Ma la maggior, o minor resistenza non dona il moto, ma ne toglie più o meno secondo i gradi della sua forza. Altri pensa diversamente, e ascrive il fenomeno alla difficoltà maggiore del mezzo. S' immaginano tali autori un raggio di luce a guisa d' un paralellipipedo, che obbliquamente urta colla sua base nell' acqua: In questo stato avverrà, che mentre presenta un de' suoi lati al fluido, l' altro rimarrà ancora sospeso in aria. Quindi la parte della sua base, che tocca l' acqua, troverà maggiore contrasto a muoversi, che l' altra ancora non truova. Si genererà adunque una sorta di rotazione intorno quel punto che appoggia su l' acqua, come intorno d' un perno, o sostegno. Nell' atto di tale rivoluzione la parte più lontana

 dal

dal centro di rotazione si muoverà più veloce, e perciò avrà più forza quella, che ogni altra; e con tali ineguali velocità si descriveranno da due punti inegualmente distanti due archi di cerchio ineguali, il minore de' quali sarà descritto nel mezzo più denso, e l'altro nel più raro, e tali archi saranno le giuste misure delle velocità corrispondenti a due mezzi, d'onde geometricamente formando, e perfezionando il lavoro del loro sistema deducono, che i seni di tali archi saranno come le facilità di viaggiare per tali mezzi. Avvegnacchè tale opinione sembri ingegnosa, e ripiena di geometrico spirito, e le conseguenze sieno conformi alle vere, e note leggi della rifrazione; non per tanto in oggi non ha partito, e sembra più un sistema ben ideato, che una verità dedotta dal raziocinio, e dall'osservazione. Ma che dovrem dunque pensare su tal fenomeno della luce? Incominciamo a ragionare più seriamente. Un solido si rifrange allontanandosi dalla perpendicolare, e con ciò perde molto della verticale sua direzione, e velocità: adunque perde molto di forza in tal tragitto: il raggio all'opposito

to s' accosta alla perpendicolare condotta dal punto d' incidenza sul piano del fluido, ed accresce il suo moto: v' ha dunque a favor della luce qualche forza movente, che vieppiù lo sollecita al moto. E dove converrà rintracciare tal forza, che agevoli il passo alla luce, mentre altra lo ritarda ad una solida sfera? Si consultino le osservazioni, e gli sperimenti, che forse ci diraderanno le tenebre, che ci fan ciechi. Queste c' insegnano, che se a un raggio di luce accostisi o sottil filo, o tagliente acciaro, o una superficie di qualche licore, quegli pria di toccar tali corpi verso d' essi si ripiega, e quasi torcesi deviando dal diritto sentiere suo, fenomeno dal celebre P. Grimaldi scoperto, che da altri diffrazione, da altri inflessione ancora s' appella, la qual propriamente riducesi ad una sorta di rifrazione, se non che questa avviene nel nuovo mezzo, quella nell' avvicinarvisi, e cresce vieppiù o meno tal forza, che il raggio inflette, secondo che più da presso lo tocca, o il rade. Sembra che la maggior parte de' corpi sia da non so quale atmosfera compresa, e cinta, a guisa del nostro terracqueo globo, o sia ch' essa com-

compongasi di corpicciuoli minuti, ch' escono, ed esalano dalla massa de' grandi, come escono gli odori dagli aranci, dall' ambre, e da fiori, o sia che formisi da certa lanugine che risalta da medesimi corpi, come risaltano dalla seta, e dal lino sottilissimi filamenti: Chi sa che tutt' i corpi non sieno simili agli odoriferi, e perciò solo non sieno da noi riconosciuti, e sentiti, perche la tessitura degli organi non è disposta, e propria a riceverne l' impressione? Di più egli è assai verissimile che tutt' i corpi esercitino una scambievole azione tra loro, o nel contatto, ove addivien massima, o nell' avvicinamento. Quella deriverà dalla contiguità delle masse, questa dal contatto delle atmosfere, ch' entrando una scambievolmente nell' altra agiranno insieme, e produrranno qualche sensibile cangiamento di stato ne' due corpi. Questa scambievole azione da qualunque meccanismo ella provenga, è da molte sperienze provata, e sembra molto conforme alle leggi, ed al fine della natura. Son quasi infiniti que' corpi che appressandosi tenacemente s' uniscono, e in poca distanza scambievolmente s' attraggono, e de velo-

velocità ne' lor moti. ora seguono la ragione reciproca delle masse, ora la duplicata, o triplicata inversa delle distanze, ora altre leggi invariabili, e certe. Che se non in tutt' i corpi sensibile rendesi tal azione, ciò è, perche essa è disturbata, e confusa da varie altre azioni or contrarie, or subcontrarie, ora ad altre direzioni rivolte d' altri innumerabili corpi, che sullo stesso agiscono, e impediscono che si renda sensibile l' azion di due soli, come avverrebbe se in un gran vuoto fossero collocati. Che questa scambievole azione sia conducente ai fini della natura, non v' ha alcun dubbio. Il fine di questa si è d' infiniti elementi formare varj differenti composti, e di questi lavorarne un solo, che mondo terrestre s' appella. A questa composizione mirabilmente conduce una forza che impedisce la distrazion delle parti, e promuove la cospirazione delle medesime obbligate a leggi costanti, e inalterabili. Ma perche sovente torna alla natura sciorre alcuni composti, ed altri fabbricarne favorevoli a suoi disegni, perciò in alcuni corpi, che scambievolmente si rispingono, ed allontanano, altra contraria forza scorgesi,

gesi, che dicesi *ripulsione*. Il ricercarne di ciò il meccanismo, l' investigare l' artifizio interno, e lavoro, io penso che ciò sia un' opera superiore alle forze dell' umano ingegno, e che sia meglio confessare schiettamente di non sapere i misteri della natura, che lusingarsi di potere essere ammeso ne' più segreti consigli dell' architetto sovrano. Egli si conduce, e regola coll' uomo, come un valente artefice con un rozzo, a cui mostra d' un raro, e perfetto orologio l' indice, l' uso, ed il giustissimo moto, ma gli nasconde tutta la meccanica costruzione, d' onde ha principio l' ordine, la misura de' moti, e tutta la perfezione. Supposto il principio d' attrazione, qualora un corpo entra nell' atmosfera dell' altro, o s' accosta a un mezzo più forte, incomincierà a risentirsi all' azione d' eso sopra di se medesimo, che prevale all' azione dell' altro. La direzione di tal forza sarà perpendicolare al piano orizzontale del fluido, ed accrescerà la velocità del raggio. Sia il raggio DC che obbliquamente entra nel fluido, la cui superficie è AB: sia espresa la velocità del raggio per la stessa DC, e decomposta nelle due DL, LC

Fig. IV.

LC perpendicolare, e parallela alla AB. Se il nuovo mezzo fosse simile, ed egualmente denso che l'altro, il raggio si manterrebbe nella stessa direzione DCS, e descriverebbe nel tempo stesso la CS eguale alla DC, che si potria risolvere similmente, come sopra nelle due CR, SR eguali alle DL, LC. Ma per l'azione perpendicolare dell'attrazione s'aumenterà la SR della quantità SI, e diverrà RI, rimanendo intatta l'altra CR onde la velocità composta sarà CI più vicina all'asse di rifrazione CO. Questo ragionamento sembra giusto, supposta l'attrazion Nevvtoniana cotanto in oggi nella moderna fisica celebre, e applaudita, ed almeno si potrà ammettere, e ritenere, finche una nuova migliore ipotesi ritruovisi che acquisti maggiore riputazione. Se mi fosse lecito gittare i semi d'una novella opinione, e proporre alcune mie conghietture, vorrei risparmiare a Filosofi il trattato della rifrazion della luce, e ridurla ad una mera riflessione prodotta dalle parti solide interne de' corpi diafani, come la riflessione ordinaria si genera nella superficie esterna de' corpi: Penso che ciò non dovria giudi-

carsi

carsi un puro arbitrario sistema, ma qualche cosa di più, e forse una proposizione assai conforme alla condotta della natura; la quale ove può risparmiare qualche cosa del suo, lo fa volentieri, e come ella ama d' esser semplice, schiva d'adoperare due cose, quando può ottenere lo stesso con una sola, onde se la sola riflessione basta per li fenomeni della luce entro li corpi trasparenti, indarno introdurrebbesi nella natura anche la rifrazione: che ciò non sia una pura pretta ipotesi, si potrà rilevare da alcuni *dati* su quali appoggio principalmente i miei sentimenti. Non è egli certo, che ne' corpi diafani altri de' raggi sono assorti, altri trasmessi, ed altri riflessi? Non si sa ancora che gli interstizj vuoti nell' oro, nell' argento vivo, e negli altri più densi metalli sono di lunga mano più numerosi, che gli spazi occupati dalla materia solida, che forma cotali corpi? Quanto più ciò s' avvererà nel cristallo, nell' acqua, e negli corpi trasparenti, e meno gravi. A quanto poco riducesi la materia tutta dell' Universo secondo il Nevvton, se le si levano tutt' i vuoti? Questi nell' acqua, e nel vetro non solo so-

no innumerabili, ed infiniti, ma ancora diretti, e volti per ogni verso: giacchè secondo tutte li direzioni un corpo diafano appare tale, e trasmette i raggi che in se riceve. Anche le figure di questi vuoti dovranno essere simili, e regolari, diverse da quelle degli altri corpi: perche esse concorrono a costituire la spezie, e la differenza loro. Non dubito punto, che anche le direzioni de' lati, e de' piani interni, che attorniano tali vuoti, saranno tra loro analoghe, ed uniformi. Poiche anche ciò concorre a perfezionare l' omogeneità de' vuoti in tutta la estensione del corpo diafano. La superficie interna di tanti menomi lati è scabra, aspra, e ineguale, e coperta quasi di minutissime punte assai elastiche, e delicate: basta rompere un vetro per chiarirsi del vero: tali punte che riescono quasi insensibili agli occhi ignudi, sono figurate anch' esse, o quasi d' infiniti lati differentemente diretti, e volti, su quali cadendo la luce può riflettersi diversamente. Li piani di queste punte che sono insensibili agli occhj nostri, riescono però grandi rispettivamente alla sottigliezza, e delicatezza de' raggi che si vibrano

no sopra d' essi. Ciò supposto, immaginatevi, che il raggio entrando nel vetro, o nell' acqua, e penetrando in uno di questi vuoti urti in un piano di quelle punte quasi piramidali, e poliedre formando un angolo minimo, e assai acuto con esso lui; non verrà egli a riflettersi, e con ciò ad accostarsi alla perpendicolare secondo l' usato stile? Sia A B la superficie dell' acqua, o del vetro, DC il raggio, PCL la direzione del piano minimo, con cui forma l' angolo DCP d' incidenza, sarà forse assurdo, che esso raggio riflettendosi s' accosti alla perpendicolare? Tal raggio, se veramente è di quelli che non restano assorti, ma trasmettonsi, o avrà la sorte di varcare per què innumerabili vuoti, che si truovano entro il vetro, senza altra riflessione, e se alcun' altra ne dovrà sostenere, come la disposizione de' piani è assai regolare, avvenendosi in altra simile direzione, e parallela, converrà che similmente riflettasi, e di nuovo alla stessa perpendicolare s' appressi: ma què raggi che dovranno irregolarmente più volte riflettersi per entro il vetro, o si dispergeranno, o è verisimile che sieno assorti.

Fig. V.

Ma

Ma come s' avvereranno le leggi de' seni d' amendue gli angoli in ragione costante? Come si potrà dimostrare che ciò, che avviene ad un raggio, avvenga ad altri infiniti, che si riflettano in simil guisa? Io non pretendo di quì sviluppare tutto il sistema, e di svolgere interamente la tela, e di metter in vista tutta la simmetria di questa macchina, e di discendere alle più minute, ed individue sue parti. Mi basta d' averne dato un sol saggio, e d' avere proposta a maniera di quistione la cosa in quella guisa che fece il Nevvton verso il fine della sua ottica proponendo varj punti da discutersi a chi vorrà cimentarsi in avvenire. Per mettere in buon lume un tal sistema, e difenderlo dall'accuse de' critici, converria raccogliere altre notizie, fare altre osservazioni, produrre, per dir così, documenti più autentici, e ritrovare altri materiali, onde gittare fondamenti più sodi d' una tal fabbrica. Ciò che mi desta qualche stimolo di compiacenza in tal' idea, si è l' analogia massima che riconobbero tra la riflessione, e rifrazione i due grandi Valentuomini (a)

 Nev-

(a) Nevvtoni Optice. Gravesande Phys. El. Math.

Nevvton, e Gravesande. Amendue confessano, che la rifrazione dipende dall' istesso principio da cui deriva la rifrazione, che dove questa è massima, quella è altresì assai forte, e della verità di tali proposizioni ne apportano pruove assai sode, e robuste. Ora se secondo tali autori tra la rifrazione, e riflessione avvi una grande analogia, perche non potria avervi ancora la massima, cioè a dire l' identità, alla quale idea forse alcuni non sapranno adattarsi o per qualche antico pregiudizio, o per difetto di ragion sufficiente, che da qualche osservazione, o nozione più netta, e precisa degli elementi di tal materia dipende? Prima di rimettermi sul primo mio sentiere, voglio aggiungere una sola osservazione su i sentimenti del Nevvton. Secondo lui dall' istesso principio derivano la riflessione, e la rifrazione: ma essendo più verisimile che quella dipenda dalla forza elastica, che dall' attrazione, essendo l' una più dimostrata, e più certa dell' altra, sarà altresì più verisimile che amendue dalla forza elastica sieno generate, e prodotte: ma tal forza secondo le nozioni presenti sembra sol

pro-

propria a riflettere, e non a rifrangere; così mi lusingo, che si possa ancora dedurre, che la rifrazione, e riflessione altro non sieno, che una sola cosa sotto due diversi nomi, che a due diverse circostanze la riferiscono, espressa. Ciò che fin' ora ho detto della rifrazion della luce, non intendo che s' applichi a quella de' solidi entro i fluidi, avendo per avventura essa origine da altro principio, ciòè dalla resistenza del fluido, che scema la forza perpendicolare. Ma perche incomincia la refrazione al primo toccare del solido il fluido, ciòè a dire prima ch' ei penetri per entro d' esso, conviene ricercarne la cagione da altro principio. Quando una sfera solida cade perpendicolarmente nell' acqua, conserva in essa la medesima direzione costantemente, non solo perche le direzioni della gravità, e dell' impulso son cospiranti, e parallele; ma particolarmente perche incontra essa egual resistenza da tutt' i lati. Sia la sfera ADBE, la superficie del fluido PQ. Chi non vede che non meno l' emisfero ADB, che l' altro AEB si presentano similmente al fluido, ed eguale è il contrasto che opponesi alle *Fig. VI.*

 due

due parti KB, BH, nell' atto che incominciano a discendere sotto PQ? Ma contrasti eguali a forze eguali, e a segmenti simili applicati non vagliono rompere l' equilibrio, e cangiare via ad un corpo, ma solo potranno diminuirne la velocità del suo moto. All' opposito se tale sfera urti obbliquamente nell' acqua, e in resistenze diseguali s' avvenga, sarà costretta a cangiar direzione, e a torcersi per altro cammino secondo le leggi del moto, nelle quali s' avvera sempre che il mobile piega verso quel lato, che men resiste. Sia spinta la stessa sfera secondo la
Fig.VII. direzione AB obbliqua alla superficie PQ del fluido. Fin che passa per l' aere, amendue i suoi emisferi incontrano egual contrasto; ma tosto che il punto più basso K tocca la superficie PQ, la resistenza dell' emisfero AKH addiviene assai maggiore dell' altra, ed essendo la direzione secondo cui reagisce la resistenza del fluido differente dalla AB; ne seguirà che la direzione dell' emisfero AKH sarà dalla opposizione del fluido alterata: ma perche un' emisfero è legato, e connesso coll' altro, non potrà alterarsi la direzione dell' uno, senza che quel-

quella di tutta la sfera non si risenta, e commuova. Or' io dico, che tal nuova direzione sarà più piegata verso la superficie del fluido, e formerà con essa un'angolo alquanto più acuto. Esprima C B la forza, e la direzione onde la sfera è spinta verso del fluido, la qual risolvasi nelle due C R, B R secondo ciò che altre volte s' è detto. E' noto, e certo nella statica, che la direzione secondo cui si fa l' impressione d' un corpo sopra d' un' altro è sempre perpendicolare alla tangente che passa per il punto comune del contatto, e nel caso presente sarà perpendicolare alla superficie P Q del fluido, e secondo la stessa direzione s' eserciterà la reazione dell' acqua sulla sfera: la resistenza altro non è che una forza contraria a un' altra, che produce un moto contrario, o ne distrugge parte d' uno già prodotto: Distrugga essa adunque una porzione della C R, cioè R S, onde resterà la sola C S, e compiuto il nuovo parallelogrammo C S T V, la nuova direzione della sfera sarà C V, la qual si produca finche concorra colla superficie del fluido in b: Giacche l' angolo C b B è interno rispettivamente Fig. VIII

 all'

all' angolo CBK, per gli elementi d' Euclide sarà minore di questo, e perciò la direzione Cb sarà più inclinata alla superficie del fluido, o sia s'incomincierà la refrazione, o la deviazione della sfera dall' asse della refrazione, come dovea dimostrarsi. Fin' ora non s' è osservato altro che il primo elemento della linea della nuova direzione, che incomincia a descrivere il centro della sfera nel primo istante che tocca l' acqua: e ad esso elemento sarebbero gli altri simili, se al solido non sopravenissero altre vicende.

Fig. IX. Ma pongasi mente, che più il solido discende nell' acqua, maggior resistenza egl' incontra: vale a dire, più cresce il segmento del solido che si tuffa nell' acqna, più cresce il contrasto; ed essendo l' opposizione fatta all' emisfero AKB maggiore dell' altra contro l' altro, che si tiene ancora nell' aere, dovrà il centro di gravità della sfera di nuovo cangiar direzione; e perche seguendo a discendere segue a crescere fino a un certo termine la resistenza, si torcerà sempre in nuove, e nuove direzioni, cioè descriverà varj elementi rettilinei, o sia una picciola linea curva RC, dopo la quale percorrerà

la tangente d' essa curva nel punto R. Tal curva par simile a quella che descrivesi dal centro d' una sfera elastica, che obbliquamente urta in un piano solido elastico: Mentre questo comprimesi, il centro di gravità della sfera discende per una minima curva, siccome mentre lo stesso rimettesi allo stato di prima, alzasi lo stesso centro per un ramo simile della stessa curva, la cui natura dipende dalle leggi delle resistenze, che ancora ci sono ignote. Qual sia il rapporto de' seni degli angoli d' incidenza a seni degli angoli di refrazione, ancor non è noto, dipendendo anche ciò dalle medesime leggi delle resistenze. Forse v' è qualche rapporto diverso, e più composto di quello che osservasi nella luce: la velocità di questa è sempre la stessa e costante: quella de' corpi solidi è variabile, come lo è la forza che vibragli entro de' fluidi. I raggi della luce sono simili di figura, e di mole: i solidi in amendue sogliono essere differenti. Osservò l' Ab. Nollet (*a*), che una sfera di 6 linee di diametro penetrava, e rifrangevasi entro l' acqua, quando la direzione formava un' angolo di 6. gradi colla sua superficie: ma

 all'

all' oppoſito un' altra sfera di maggior diametro vibrata colla medeſima direzione riflettevaſi perfettamente. Tal quiſtione neppure colle oſſervazioni, e ſperimenti ſi può decidere: le prime direzioni, che ſi danno a ſolidi non ſi mantengon le ſteſſe per l' aere: l' azione della gravità le altera, e cangia; ed ecco una difficoltà a miſurare eſattamente gli angoli d' incidenza: queſta creſce in adoperando o un fucile, o qualche pezzo d' artiglieria per avvalorare la forza del progetto. Poiche lo ſcotimento che riceve la macchina a cui s' applicano tali pezzi, altera la direzione già data alla palla, che paſſa in un' altra. Più difficili ſono le miſure delle rifrazioni: e chi eſaminerà a fondo tale materia, ritroverà vero ciò che io ſcrivo. Tutto ciò che fin' ora ſi è detto, non conviene veramente a que' ſaſſi de' quali ragionaſi nella preſente diſſertazione: poiche eſſi non debbono eſſere sferici, ma elittici, e ſchiacciati, e perciò più adatti a fendere l' acqua con minore contraſto; non pertanto anche ad eſſi avvengono quaſi le ſteſſe vicende, avvegnacche meno ſenſibili,

e ſtor-

(a) Leçons de Phyſ. Tom. 1.

è forti nel tragitto dell' aere all' acqua. Rappresenti A B una sezione d' una di tali Fig. X. pietre fatta da un piano condotto per li assi A B, M N d'essa: sia essa discesa col segmento R B S sotto la superficie P Q; non è d'uopo di far molto studio, per accorgersi dell' inegual resistenza de' due ineguali segmenti A S, A R nel fender l' acqua. Qualche volta la differenza per tale titolo sarà assai tenue: ma sarà assai compensata per produrre la rifrazione; dal contrasto che opporrà alla discesa l' inferior superficie del sasso, che per la sua estensione, e direzione molto ritarda il moto suo verticale.

Ma egli è ormai tempo di ragionare di ciò ch' è più malagevole, e più importante nel suggetto presente, cioè del principio della riflessione. Egli è un dogma certo e universale, che senza qualche ragion sufficiente non avviene verun cangiamento nella natura; e che un corpo non varca mai dal moto diretto al riflesso senza prima perdere successivamente tutt' i gradi di velocità secondo la prima direzione fino alla quiete, e senza un principio, che gli ricuperi o tutta, o parte della velocità perduta nell' atto

che

che lo trasmette in una contraria direzione: Chi tale verità non ammette, non può essere buon filosofo, cioè a dire non può fare verun profitto nello studio della natura: Non è quì luogo d'entrare in una rigorosa discussione di tali principj, e dimostrarne la loro necessità. Il Leibnizio, il Newton, li Bernulli, Eulero, VVolfio, e cento altri Filosofi, e Mattematici così opinarono sempre, e su d'essi quasi su base appoggiarono i lor filosofici, e geometrici raziocinj; Ora qual sarà la ragion sufficiente per cui la pietra risale dall'acqua, e dal moto diretto al riflesso vien trasferita? Altro principio di riflessione non s'è fin ora scoperto nella natura, che l'elaterio de' corpi, onde cedono o si comprimono all'impressione d'una forza straniera, che loro venga applicata, e tosto che tale forza o dalla contraria reazione è distrutta, o per altro titolo manca, si rimettono o interamente, o imperfettamente le parti tutte nello stato di prima, cioè a dire le abbassate e compresse riacquistano 'l proprio, e rispettivo loro ordine, e la naturale disposizione; se altro ven' abbia, ancor s'ignora; nè monta cercarne altro,

trò, fin che questo sia sufficiente a generare ogni genere di riflessione. Ora è d' uopo di ricercare, se l' acqua sia elastica veramente, e in lei conseguentemente risieda quella, dirò così, docilità naturale d' arrendersi, e di comprimersi all' applicazione d' una forza, e rimettendosi nello stato di prima di restituire il moto al corpo che la compresse, ed obbligarlo ad una nuova, e contraria direzione. Perche dunque a una tale ricerca non manchi l' ordine, e metodo necessario, incomincierò dal discutere, se l' acqua sia veramente compressibile, o sia riducibile a minor volume per l' azione di qualche forza. A chi non sono in oggi palesi gli sperimenti dell' Accademia del cimento, del Mussehembrockio, e d' altri, onde hanno preteso dedurre essere l' acqua affatto incompressibile? Apporterò di tanti sperimenti un solo, che sembra il più plausibile, e accreditato di tutti gli altri. Fecero adunque que' valorosi Accademici lavorare una sfera, o palla d' argento sottile, per entro vuota: per un rotondo foro, che chiudevasi esattamente con una vite assai forte, introdottavi l' acqua assai fredda, la riempierono interamente;

onde

onde vuoto alcuno non rimanefse. Quindi incominciarono a battere, e tormentare a leggeri colpi di martello la detta sfera: ma appena date le prime percoffe, fi vide tofto a fchiacciarfi alquanto la palla, e infieme a guifa di delicata, e fina rugiada fpicciarne per i pori dell' argento fottiliffimi zampilletti d' acqua, onde pareva, che quanto contraevafi la capacità della palla, tanto d' acqua per ogni lato ne diftillaffe: per lo che inferivano, che l' acqua anzi che lafciarfi comprimere, amava meglio romperfi, e fenderfi in minutiffimi filamenti, e cacciarfi entro i riftretti interftizi di quel metallo. Anche da altri fperimenti replicati più fiate pretendono i medefimi autori di dimoftrare lo fteffo, e di ftabilire come un dogma certo nella fifica, non poterfi l' acqua comprimere in guifa alcuna. Io non voglio a tutto ciò opporre gli fperimenti fatti dal Verulamio, dal Boyle, dal Fabry, e da altri, fecondo i quali percoffe e compreffe molte sfere di ftagno, e pofcia formato in efse un pertugio s' ofservò tofto un getto d' acqua dell' altezza di due, o tre piedi, attribuito da quefti autori alla forza dell' acqua

com-

compressa, che dilatandosi nel foro obbligava la stessa ad ascendere, e sollevarsi. Poiche so che replicherebbero tali fenomeni non dall' acqua, ma dal metallo compresso, che ricupera la prima figura, seguire: a molti sperimenti mancare la necessaria esattezza, e perfezione, non essersi usata la conveniente attenzione ad escludere ogni menoma porzione d'aria, ed a riempiere interamente la cavità delle palle: altre, e simili eccezioni soglion darsi a ciò che recasi contro di loro. Io non voglio muover ad essi guerra, e attaccarli da fronte, o da quella parte ove si stimano più forti, e sicuri, cioè a dire discutere gli stessi sperimenti Fiorentini, e pesarne con le bilance non del mugnajo, ma dell' orafo il loro merito. Ma amo meglio fuggir le brighe, ed appigliarmi ad altre pruove più solide, e convincenti, cioè che, anche supposta la verità, e l'esattezza di tali sperimenti, nulla essi concludono circa l'essere l'acqua incompressibile, e solo pruovono che per essi non s'è potuto ridurre l'acqua ad una forte, e sensibile compressione. Ho detto primieramente, che tali sperimenti nulla

assolutamente concludono sulla quistione presente, e solo al più c' insinuano, esser più agevole l'obbligar l'acqua a filtrarsi, e passare come per una trafila per li minuti pori d' una sottile palla d' argento, che ad esser compressa: che la forza applicata è bensì proporzionata al primo effetto, ma non già alla produzion del secondo; nè perche alcuni corpi leggiermente premuti, e tocchi comprimonsi, da essi vuolsi prender idea, e legge degli altri ancora: l' aria rinchiusa entro una vescica con un sol dito comprimesi: ma avvien forse lo stesso all' avorio, e al marmo? Gli Accademici Fiorentini si servirono d' una sottil palla d' argento. Chi sa, com' essi attestano, se facendo successivamente più, e più ricca d' argento la grossezza della palla, che non s' arrivasse una volta a comprimer l' acqua? Anche il metallo ridotto a una grande sottigliezza trasmette la luce, e addivien trasparente: ma se egli alquanto s' ingrossa, si fa opaco, e niega il passaggio alla luce. Ho detto in appresso, che al sommo si può da tali sperimenti dedurre, che l' acqua per essi non s' è sensibilmente compressa, ma non già che nulla ha

ella

ella sofferto di compressione. Ognuno sa, che gli sperimenti non ci presentano, ed offrono altro che il prossimo, e rade volte arrivano a darci l'esatto, e il preciso: nè dal trasudare dell'acqua dall'argento, si può sicuramente arguire, che prima non siasi per uno spazio almeno infinitesimo condensata. Chi pensa altrimenti, egli è da annoverarsi tra quelli che vogliono promuovere le conseguenze oltre il valor de' principj, e dedurre più corollarj, che richiede le verità del teorema: sembra verisimile che lo spicciare dell'acqua sia stato preceduto da qualche ammaccatura dell'argento: la forza del martello s'imprime prima al metallo, e dal ristrignimento d'esso riceve l'acqua quella pressione, che la caccia tra i più minuti suoi seni. Or questa avvegnacchè menoma, e infinitesima compressione è ciò che vuolsi a produrre qualunque riflession più perfetta. Egli è un'errore il misurare la forza elastica di varj corpi dalla quantità della lor compressione: anzi pare all'opposito, che l'elaterio de' corpi s'accosti alla ragione reciproca della lor compressione. Racchiudasi entro una vescica qualche porzione d'aria, e no-
tisi

tisi la quantità della compressione, che in essa vi genera un peso applicato. Poscia vi si aggiugna nuova porzione d'aria, e osservisi, che sarà divenuta assai minore la compressione prodotta dalla stessa misura di forza; e più d'aria per mezzo d'una siringa v'ingegnerete d'insinuarvi, maggior resistenza ritroverete a qualunque anche menoma compressione, onde indefinitamente accresciuta la densità dell'aria, indefinita diverrà ancora la resistenza, che non si lascierà superare che da una forza infinita. Eppure chi stimerà mai che perciò venga meno il suo elaterio, anzi che non s'accresca, e avvalori? Tra i corpi più elastici s'annoverano i diamanti, i porfidi, le agate, i diaspri, le selci, i cristalli di monte, ed altri simili. E chi non sa, che per quanto forte sia l'urto, e l'impressione de' corpi, che cadono sopra loro, pochissimo si risentono alla percossa, in guisa che nulla ci si rende sensibile la compressione? anzi se dal riflettere che fanno i corpi, non fossimo assicurati del lor elaterio, che senza qualche grado di compressione non mai agisce, quasi potria dirsi che eglino punto non sono elastici. Adunque

tanto è lungi, che per la menoma compressibilità dell' acqua possa negarsi il suo elaterio, che da ciò stesso dee arguirsi più certamente. In una Dissertazione da me pubblicata l' anno 1747. sulla forza de' corpi elastici, siccome niego avervene di perfettamente duri, secondo l' opinione de' più saggi Filosofi, così altrettanto penso de' corpi perfettamente molli. La natura non mai arriva a questi due estremi, ma si contiene tra essi, ed ora più, ora meno vi s' accosta, e allontana: anche nella creta alcune pochissime parti compresse si restituiscono al primo stato; e più essa disseccasi, e perde l' interno umore, più addiviene elastica: la cera, e il sevo l' estate s' accostano alla condizione de' corpi molli, e l' inverno a quella degli elastici. I virgulti finchè son teneri, e freschi, partecipano molto del molle: ma più crescono e si fanno robusti, più acquistano dell' elastico. Gli stessi corpi adunque in diverse stagioni, e circostanze compariscono inegualmente elastici, e dal menomo grado a poco a poco tragittano al sommo, ciò ch' è affatto conforme alla condotta ordinaria della natura. Questa ama le

 vicen-

vicende, e i corpi da uno ſtato all' altro traſmette: ma nelle mutazioni più ſenſibili, e differenti ſempre ritiene qualche parte dello ſtato di prima, la quale ſerve come di diſpoſizione, e di ſeme a ricuperare, e riprodurre la condizione, e l' indole che avevano avanti. Queſte traſmutazioni ottengonſi più facilmente accreſcendo, o diminuendo i gradi delle qualità che già ſono, che col crearle, ed introdurle di nuovo. Nell' acqua tre ſtati ſi poſſon diſtinguere, cioè quello di fluidità, che è il più ordinario, e conforme al noſtro clima, l' altro di ſolidità, che acquiſta raſſodata, e quaſi invetrata dal freddo, il terzo di ſvaporamento, cioè di riſoluzione in ſottili vapori, che la diſpergono. Il primo conſervaſi da un giuſto temperamento di caldo, e di freddo, il ſecondo dall' eccesſivo accreſcimento di queſto, il terzo deriva dalla maſſima attività del calore che dilata, ſpande, e diſperge gl' intimi elementi dell' acqua, e rarefacendoli alzagli quaſi a gala ſu l' aere ſeguendo la direzione di quello igneo ſpirito, che li caccia, e inveſte. Quindi la fluidità è uno ſtato di mezzo tra il ghiaccio, e il vapore, tra il

fred-

freddo; ed il caldo. Questo stato secondo che scema, o cresce il calore, si cangia, e disponesi ad accostarsi ad uno de' due estremi. L'acqua rassodata in gelo è assai elastica, come quella che riflette i corpi a guisa del porfido, e dell'avorio: L'acqua stessa disciolta in sottile vapore acquista una mirabile elasticità, che ha fatto trasecolare il mondo, elasticità eguale, e forse superiore a quella della polve d' artiglierìa, alla cui forza non v' ha resistenza, che regger possa. Osservisi ancora, che dalla superficie del ghiaccio si riflettono i corpi qualunque siane la direzione, con la quale cadono sopra d'essi Non così dalla superficie dell'acqua: determinate sono le direzioni, e fisse le condizioni, senza le quali di rado rialgono i più agili sassolini: più difficile, e assai più rara accade la riflessione dal vapore dell'acqua; e se i corpi non sono leggerissimi, e d'una superficie, o d'un volume assai grande, come sono le lamine sottilissime de' metalli, e la forza del vapore assai grande, e in sito angusto ristretta, appena è mai che abbia luogo la riflessione. Ciò supposto, se l'acqua, finche ritiene la fluidità, è in uno

 stato

ſtato di mezzo tra il ghiaccio, e il vapore, riterrà ancora le qualità medeſime a tale ſtato proporzionate. In fatti ella conſerva quaſi l'iſteſſo colore, ſapore, traſparenza, e refrazion per la luce; e perche non manterrà ancora qualche porzione di forza elaſtica, e dovrà ella a un tratto paſſare dal non eſſere punto elaſtica a divenirlo improvviſamente? Egli è forſe queſto lo ſtile, ed il coſtume della natura creare ne' corpi qualità nuove, ſenza che prima ſe ne veggano i ſemi, ed i creſcenti germogli? Egli mi ſembra queſto un ragionamento sì ſodo, e giuſto, che quand'anche ogni altra prova mancaſſe, baſteria a convincerci d'un tal vero. Avete mai oſſervato ciò che avviene all' acqua cadente dall' alto, e urtante ſu i duri marmi? Non riſale ella, come riſalgono gli altri corpi elaſtici, e ſi divide, e ſparpaglia in gocce infinite? Nè vuolſi dire che un tal fenomeno deeſi all' elaterio del marmo. Poiche alla rifleſſione richiedeſi la forza elaſtica in amendue, cioè a dire e nel marmo che urtaſi, e nel corpo che l'urto forma, e produce: altrimenti anche i corpi molli riſalirebbero dal porfido, e dall' avorio. Anche

che una vescica ripiena d' acqua lasciasi non difficilmente comprimere, ed è assai presta a ristabilirsi nello stato di prima; nè ciò deesi ascriver all' aria di cui è pregna. Poiche la stessa quantità, e porzione contenevasi nella palla degli Accademici Fiorentini, e perche come inviluppata, e impaniata entro le viscose, e tenaci particelle dell' aria non potea sprigionarsi, e spandersi per ogni lato. Ma, affine che meglio comprendasi quanto l' acqua sia per se medesima compressibile, proporrò una sperienza assai volgare, e comune, su cui però non s' è riflettuto fin' ora per ciò che ha rapporto alla presente quistione. Riempiasi d' acqua pura a guisa de' termometri un cannel di cristallo, e segnisi, se non fosse affatto pieno, l' altezza dell' acqua: poscia d' intorno al cannello vi si applichi ghiaccio minutissimamente tritato, e sopra d' esso vi si sparga o sal di nitro, o ammoniaco: appena ciò fatto, si vedrà tosto abbassarsi sensibilmente l' acqua nel cannello, ridursi a minor volume, e condensarsi notabilmente. Ora su tal fenomeno così discorro. Nessun può negare, che ciò non sia un vero condensamento d' acqua ridotta

ad uno ſpazio più anguſto, o ſia una vera compreſſione prodotta da qualche forza. Forſe alcuno avrà qualche renitenza ad accordarmi che ciò derivi da compreſſione; o perche avrà fiſſata l' idea di eſsa ad una forza eſterna applicata alla ſuperficie del fluido, o perche non ritruova nel propoſto fenomeno quella forza, che ſi ricerca. Ma io all' oppoſito vi rilevo e una forza gagliarda, e una applicazione la più porporzionata a produrre un maſſimo effetto, cioè una compreſſione fortiſſima nel caſo noſtro. Non è forſe il freddo una forza, che ſpezza le catene di ferro, fende la terra, ſquarcia gli alberi, accorcia i metalli, rompe i chiuſi vaſi di groſſiſſimo criſtallo, e quei d' oro più ſchietto aſsottiglia, e diſtende, e quegli di crudo bronzo gettati ſchianta? Avvi poi una gran differenza tra l' applicazion della forza d' un martello fatta alla palla degli Accademici Fiorentini, e quella della forza del freddo all' acqua nel cannel contenuta. La prima ſi fa immediatamente a una picciola parte della ſuperficie dell' acqua, la ſeconda ſi partecipa a ogni menoma particella, a ogni ſuo elemento: da ciò proviene

la dif-

la difficoltà della compressione nel primo caso, la facilità della medesima nel secondo. Le particelle dell' acqua son lisce, nitide, e sfuggevoli, e da ogni lato cedono a qualunque menoma impressione; e se l' urto viene da un lato, sfuggono verso l' altro, ove non sono violentate, e compresse. Si formino di un grosso pezzo di marmo infinite minute pallottole, e su d' esse insieme ammontate si lasci cadere un corpo assai elastico, e grave: al primo urto si vedranno quà e là fuggirsene verso dove o non sono premute, o la pressione si fa meno sentire: un nocciolo di qualche frutto tra due dita premuto fugge, si slancia, e vola verso dove è più libero, e sciolto. Ma all' opposito la forza del freddo s' applica, e distribuisce a ciascun menomo elemento, e su lui agisce, su lui s' imprime riducendolo a volume minore; onde essendo ognuno serrato, e stretto non v' ha luogo a fuga, e a scampo in alcun nascondiglio più intimo, e più segreto, come avviene all' acqua racchiusa nella palla d' argento, che sfuggendo la forza del colpo si ritira entro li minuti nascondigli del metallo, ove ritruova prima ricovero,

 e po-

e poſcia libertà. Non altrimenti accade nel-
la dilatazione dell' acqua per mezzo del cal-
do, che intromettendoſi, e inſinuandoſi in
tutt' i più cupi ſeni degli elementi ſepara
gli uni dagli altri, e li dirada con una tal
forza, che ſe il vaſo è chiuſo, lo ſquarcia,
e rompe. Le forze della natura non ſi mo-
ſtrano mai sì pronte, e gagliarde quanto al-
lora che s' applicano intimamente a minu-
ti elementi de' corpi, ne' quali pare che ſi
moltiplichino quanti ſon deſſi. La forza pro-
digioſa de' muſcoli ond' ella deriva mai ſe
non dal gonfiamento delle menome veſci-
chette che in ſe racchiudono? L' accorciamen-
to delle funi applicate a grandiſſimi peſi,
che ſono obbligati ad alzarſi, ſi forma dagli
elementi dell' acqua, che s' inſinuano tra i
fili che le compongono, e dilatandoli, ed
ingroſſandoli a traverſo ne accorciano la
lunghezza. Altri eſempi infiniti preſi dalla
natura, e dall' arte ſi potrebbero addurre,
che l' amore della brevità, e la perſuaſione
della verità dimoſtrata m' inſinuano d' in-
tralaſciare. La cognizion certa, che non
v' ha altro principio noto per la rifleſſione
de' corpi che l' elaterio, le ſperienze ſicure
che

che l'acqua da corpi riflettesi, e che questi si rifletton dall' acqua, le molte pruove addotte a favore dell' esser ella condensabile, e compressibile, la debolezza, e insussistenza di ciò che in contrario s' apporta, sembrano decidere la questione, e graduare ad evidenza, e certezza la mia opinione.

Ora che siamo chiariti della forza, e del modo, onde generasi la prima riflessione de' sassi, non sarà malagevole spiegarne l'altre, che successivamente sovente s' osservano sulla superficie dell' acqua tranquilla, e e cheta. Rappresenti AB la superficie dell' acqua, C il sasso, CE la direzione del getto. Se la superficie AB nel punto E fosse a guisa d' un piano perfettamente immobile, ed elastico, l' angolo di riflessione FEH eguaglierebbe quello dell' incidenza CEA. Ma perche nè il piano è perfettamente immobile, nè la restituzione d' esso è perfetta, e la superficie del corpo comunemente è scabra; perciò non risalendo esso colla medesima perpendicolar forza, l' angolo di riflessione riesce minore di quello dell' incidenza, e secondo la direzione EG quello s' avanza, e viaggia, secondo la quale segui- Fig. XI.

rebbe

rebbe sempre a muoversi, e allontanarsi dalla superficie A B, se la forza della gravità al basso non lo spignesse, e non l'obbligasse con l'altra residua dalla riflessione, e uniforme congiuntamente a descrivere la parabola E G I, la quale sensibilmente non differisce molto da una retta, essendo più forte il moto equabile del getto, che l'accelerato della gravità, onde entra nell'acqua il sasso di nuovo secondo la direzione G I; con un angolo minore di C E A. Perseverando in esso per anche molta forza è risospinto di nuovo dal punto I, per quella stessa ragione per cui la prima volta fu riflettuto dal punto E; e perche in tal riflessione perdesi di nuovo alquanto della forza perpendicolare K D, egli esce dall' acqua colla direzione I L più inclinata verso la superficie A B: Quindi il sasso descrive per ciò che di sopra s'è detto, la parabola I M. Or qui osservisi, che l'ampiezze paraboliche sempre si vanno accorciando, e le E I, I M, M O sempre divenendo minori: essendo tali ampiezze, allora che la forza è la stessa, in ragione de' seni de' doppj angoli d'elevazione, e quando gli angoli son
gli

gli stessi, e la forza diversa; allora le ampiezze sono in ragione delle altezze dalle quali discendendo essi sassi avrebbero acquistate le velocità, colle quali sono gittati, e spinti. E la ragione di ciò è chiara, anche senza l' ajuto della geometrìa, e della ballistica. Divenendo la forza del getto minore, e rimanendo costante l' azione della gravità, da un lato le altezze diverranno minori, e dall' altro più presto dovrà il sasso abbassarsi, e ricadere nell' acqua. Queste riflessioni si ripeteranno finche la forza del corpo si conserva abile a produrre qualche compressione nell' acqua, onde si possa rinnovare la riflessione. Verso il fine, allora che incomincia a languire la forza, le distanze divenendo sempre minori, sembra talvolta che per qualche spazio cammini quasi orizzontalmente, e vada radendo l' acqua scevero d' ogni salto. Non è malagevole render ragione di tal fenomeno. Alla pietra è mancata quasi tutta la forza perpendicolare, e n' è rimasa molta della orizzontale. La resistenza che presenta la superficie dell' acqua ad esser divisa, e a dar luogo alla discesa della medesima pietra è sufficiente a

te a rintuzzare la forza della gravità; perciò egli è neceſſario che rada l' acqua, il cui ondeggiamento alquanto lo rialza, e ſoſtenta, finche languendo anche il moto orizzontale, e prevalendo la gravità finalmente egli diſcende, e tuffaſi ſotto l' acqua. Tutti queſti fenomeni non avvengono, nè ſi combinano ſempre inſieme, mancando ſovente alcuna di quelle molte circoſtanze, che molto concorrono al loro avvenimento. Ciò però principalmente dipende dalla forza, dalla direzione del getto, e dalla figura, leggerezza, e ſottigliezza del ſaſso: la quantità dell' angolo ha la maggior parte nella prima rifleſſione, la forza della vibrazione nelle altre conſecutive. Ho oſſervato, che rade volte oltre l' angolo di 7. gradi rifletteſi il ſaſſo anche una ſola volta; e di qual grado preciſamente ricerchiſi, per ottenere le altre, non è facile il definire. Qual ſia altresì la direzione più favorevole, e la forza più opportuna a conſeguire il maſſimo numero delle rifleſſioni, egli è un problema d' ardua riſoluzione. Perche difficilmente ſi determinano que' dati, e quelle condizioni avventizie, che non ſi laſciano aſſoggettare alle preciſioni,

fioni, ed esattezze geometriche. Ci rimane ancora a spiegare un' altro fenomeno men degli altri frequente, ma che merita anch' esso d' essere osservato, e spiegato; ed è egli la diversa direzione in diversi piani, ne' quali si piega il sasso come avviene alle bombe, che per la somiglianza che hanno colle riflessioni de' nostri sassi si chiamano da' Francesi *bombe a ricochet*, ed ora verso una parte, or verso l' altra si volgono, come apparentemente sembra assai irregolarmente. La cagione di tali salti in esse è la stessa de' sassi, cioè a dire la direzione, la forza, la diversa giacitura de' piani, in cui s' incontrano, che diversi angoli tra lor contengono. Sia una bomba gittata secondo la direzione A B sul piano F E, e sia riflettuta da esso secondo B C conforme alle note leggi, e viaggiando s' incontri nel piano E S il qual formi l' angolo ottuso B E C col piano antecedente F E. Ognuno comprende, ch' essa dovrà cangiar direzione, e da C riflettersi in D. Che se in altri piani venisse a urtare, altre direzioni sarebbe tenuta a seguire; ciò che rende meno evitabile la percossa della bomba, la quale so- Fig. XII.

vente

vente sorprende incauti gl'inimici, che restan colti, quando la temon meno. Ciò che alle bombe cagionano le direzioni de' piani, a sassi cagiona l'inegual resistenza dell'acqua, che presentasi alla lor superficie nel punto ch' entrano, e sorton da essa. Fin che la pietra viaggia per l'aria, tutte le sue parti equilibrate d'accordo si muovono verso la stessa parte: Ma può qualche volta avvenire che entrando, o sortendo dell'acqua, si sconcerti tal'equilibrio in varj modi, de' quali tutti non è sì facile saperne il numero, e la natura. Forse l'ondeggiamento dell'acqua, e l'inegual grossezza del sasso, l'irregolar moto, e la trepidazione che riceve da chi 'l getta, la nuova direzione che gli dà il centro di gravità nel discendere, sono altrettanti principj, che ne alterano il primo cammino, e lo piegano verso un'altro nell'ingresso dell'acqua. Forse alcuni di questi, ed altri molti insieme complicati esigono una nuova direzione verso altra parte nell'uscire dell'acqua. Un pò d'urto che il sasso obbliquamente riceva dall'onda, un pò di maggiore contrasto, che gli opponga da un lato, che dall'altro, uno sfregamento alquan-

alquanto ineguale ci produranno tosto il fenomeno, ch'era l'ultimo che m'era proposto d'illustrare nel migliore e più brieve modo che per me s'è potuto. Avrei voluto procacciare a questo discorso maggior leggiadria e grazia con più pulito, ed elegante parlare, se un pò più d'ozio e d'agio mel avesser permesso, e se i soggetti scientifici richiedessero quella stessa eloquenza, che vuolsi nelle lettere e belle arti.





Della Diminuzione della mole de' Sassi ne' Torrenti, e Fiumi.



Hiunque nella più fitta state, allora che gli alvei de' torrenti, e d' alcuni fiumi sogliono essere asciutti, ed aridi, incominciando dalla loro sorgente fino alle foci vorrà di mano in mano osservare la mole de' sassi, che successivamente s' incontrano; potrà facilmente accorgersi, ch' essi quanto più si discostano dal lor principio, e dal monte, tanto più si ritrovan minori, e vanno continuamente diminuendo, fin che o presso il mare, o dopo lunghissimo corso altro non sono che minutissima arena. Com' è dovere del vero Filosofo non solo osservare li fenomeni della natura, ma ancora ra-

gionare su d' essi, e rintracciarne la lor cagione; così io non sono contento, e pago di proporre una assai volgare, e comune osservazione, se ancora non v' aggiungo il raziocinio; e se l' opinione d' alcuni a esame, e discussione richiamando non addivengo arbitro, e giudice della causa.

Molti Filosofi opinano, e pensano, che ciascun di que' sassi, che dal seno de' monti per forza vemente di pioggia divelti sono, e al basso sospinti, tosto che incomincia a rotolarsi giù per il letto, o a sdrucciolare parallelamente al fondo del fiume, incomincia ancora insieme cogli altri a sfregarsi, a premersi, a lisciarsi, e diminuirsi di volume, e di mole, come avverrebbe, se applicati fossero ad una ruota, o ad un torno, che a poco a poco mordendoli, piccandoli, assottigliandoli li riducesse finalmente a un' estrema picciolezza di mole, e ad esser grani di fina arena. Quindi secondo il parere di questi autori tutt' i sassi dal monte fino al mare vanno continuamente sfregandosi, e perciò ancora diminuendosi passano per tutt' i gradi di minore, e minore picciolezza, finche pervengano

a' mi-

a' minimi loro elementi. Altri pensa diversamente, e forse più saggiamente discorre su tal suggetto, e meglio s' appone al vero. Osservasi, che l' acqua de' torrenti, e de' fiumi quanto più s' allunga dalla sua fonte, tanto più vien meno il momento della sua forza, cioè a dire, addiviene meno veloce per cagion degli ostacoli, ne' quali s' incontra, che ne rallentano il corso. L' ineguali-tà del letto, la tortuosità delle rive, l' incontro degli argini, e de' ripari, gli scogli risaltanti da varie parti, la diminuzione del corpo d' acque son que' principj che insieme combinati cagionano un sensibile ritardamento. Ora siccome dal maggiore momento dell' acqua dipende il maggiore avanzamento de' sassi, che discendono giù per lo fiume; così dalla diminuzione dello stesso ne seguirà, che incominceranno a languire nel loro moto, e finalmente dovranno arrestarsi. Quel sasso di mole assai grande, che scende giù per lo fiume spinto dal peso suo, e dalla impressione della corrente, ove in altri s' incontri, e dove l' azione di questa scemisi; converrà che senta la forza della resistenza, che s' oppone al suo corso, la

 qua-

quale seguendo la ragione della mole, e del peso l' obbligherà a perdere il moto, forse anche nei primi passi del suo viaggio. All' opposito un' altro sasso a lui contiguo, di minor mole, investito dalla medesima forza, ma ritardato da minor resistenza potrà avanzarsi più oltre, e ritenere molta parte del moto suo. Così non lungi dalla sorgente de' fiumi si rincontreranno quelli, ed altri a lor simili, e assai più lungi s' osserveranno i minori, fin che la forza dell' acqua sia inetta a vincere la resistenza che lor presentasi. Non così avverrà agli altri assai più minuti, e leggeri, a quali anche la minore azione dell' acqua conserva parte del loro moto. Questi meno degli altri stanchi, come più agili, e snelli, più vigorosi si manterranno, e potranno al mare vieppiù accostarsi, lasciando ad altri ancor più minuti, e sottili la gloria di giugnere alle foci del fiume. Non si niega da' sostenitori di tal' opinione l' azione dello sfregamento ne' sassi, che diminuisce la mole, e cangia a medesimi la figura. Non si disputa, che qualche parte d' arena altro non sia, che quella polvere che si genera dallo scambievole urto de' sassi, che

ſi, che ſi premono, ſtritolano, e ſi conſumano in qualche lato. Ciò che ſi niega, ſi è, che i ſaſſi che ſi ſpiccan da monti, arrivino fino al mare varcando per tutt' i gradi di diminuzione di mole, finche affatto logori ſi cangino in pura arena: e tutto queſto lavoro ſecondo il Guglielmini (a) ſia terminato, e perfetto entro lo ſpazio, che v' ha di mezzo tra il principio del fiume, e l' ultimo limite delle ghiarre. In quella guiſa che un ſaſſo applicato a una ruota, che velocemente ſi muove in giro dopo avere più volte percorſa la circonferenza di quella, o ſia dopo avere deſcritto uno ſpazio multiplo ſi logora, e ſi conſuma; così le grandi pietre de' fiumi dopo eſſerſi ſtrofinate inſieme per lungo tratto, non è maraviglia ſecondo l' iſteſſo autore che ſi logorino, e ſi conſumino interamente. Amendue tali opinioni s' accordano unicamente nella verità dell' oſſervazione, e del fatto, nel reſto diſconvengono interamente. Nella prima i ſaſſi ſi rincontran minori, perche ſono realmente, ed effettivamente diminuiti, e ſcemati: nella ſeconda perche i grandi ſono ri-

(a) Della natura de' Fiumi.

masi addietro ritardati dalla lor mole: nella prima hanno forza, e lena d'avanzarsi perche si sono alleggeriti della maggior parte della lor soma, nella seconda quelli soli s'avanzano che fino dal monte movendosi si sono mantenuti agili, e pronti a proseguire il lor corso. Ciò compreso, brevemente v'espongo ciò ch' io penso, cioè mi dichiaro promotore della seconda opinione con quella limitazione che di sopra accennai, vale a dire che non s'esclude nè qualche diminuzione ne' sassi, nè qualche arena derivata dal loro strofinamento. E perche al mio discorso non manchi nè metodo, nè sistema, procurerò in primo luogo di farvi conoscere le ragioni di quelli che opinano diversamente di me: in appresso procurerò di rintuzzare la forza di tali ragioni: finalmente m'ingegnerò di stabilire que' principj, che mi mossero a così pensare, e ad abbracciare la contraria opinione.

L'ingegnosissimo Guglielmini sostiene, che se la ghiarra, e i sassi non si convertissero col logoramento scambievole in arena, gli alvei si riempirebbero dopo non molti anni, per la continua introduzione di nuo-

va materia; onde la natura provida regolatrice delle cose, e conservatrice dell' equilibrio ottimamente ha provveduto, che si equilibrassero la quantità de' sassi, che discendon ne' fiumi, e la distruzion de' medesimi, convertendoli in arena, che si scarica finalmente nel fondo del mare. Aggiugne ancora altri segni, e argomenti, onde pretendesi di rischiarare la verità d' un tale logoramento: segni di ciò ne sono, il continuo mormorio che si ode ne' fiumi, che corrono in ghiarra, effetto non meno del moto dell' acqua, che urta, e rompesi in essi, che del reciproco dibattimento de' sassi. Di più, se si porrà mente alla gran copia de' rottami, alla pulitura che ricevono, e a molti altri manifesti indizj di logoramento, che si riscontrano nelle ghiarre de' fiumi, facilmente si potrà credere, che i sassi continuamente si risolvano in arena entro una certa misura di spazio, e di tempo. Io veramente venero la dottrina del Guglielmini, e de' suoi seguaci; ma non per tanto non so risolvermi a dichiararmi del suo partito. Pensa egli, che se i sassi non si disciogliessero in fina arena, ne seguirebbe dopo non molti anni, che
 gli

gli alvei ſi riempirebbero di eſſe ghiarre, s'alzarebbero ſopra l' ordinario livello, e l' acque ringurgitando inondarebbero la campagna, e deviarebbero dall' ordinario lor corſo. Ma riflettaſi ſeriamente, che ſe gli alvei ſi riempieſſero di tali ghiarre, i monti che le ſomminiſtrano agli alvei, dovrebbero all' oppoſito alquanto deprimerſi, e tanto più ciò ſi converria render ſenſibile, quanto è più picciola quella parte di ſpazio, o di monte, che ſomminiſtra a un torrente i ſaſſi, di quella che ordinariamente occupa il letto ſuo per moltiſſime miglia in lungo prodotto, e molto ancora in largo diſteſo. Ma chi ha mai potuto oſſervare, o accorgerſi di tale diminuzione ne' monti? Chi ci può aſſicurare che l' Appennino, le Alpi, e gli altri gioghi abbiano ſofferto ſenſibile logoramento, e danno in qualche lor parte dal principio del mondo fino in oggi? Anzi io ſoſtengo che tale logoramento non può permetterſi dall' Architetto dell' Univerſo ſenza impedire alcuni di quegli uſi, per cui furono i monti coſtituiti. Non ſono eglino, come voleva Burnet, una produzione fortuita, e caſuale dell' univerſale diluvio, ma ſono una

parte

parte di questo globo terraqueo fatto a disegno, a misura, e a norma de' fini, e degli usi, a quali erano destinati. Essi monti a chi procurano feconde piogge, delle quali alcuni climi senza de' monti sarebber privi, a chi temprano il calor della state, a chi il rigore del verno, senza i quali temperamenti molti paesi diverrebbero quasi inabitabili. L' osservazione fatta da molti Valentuomini su la direzione de' monti altissimi che per lo più son volti e diretti da Oriente ad Occidente, (*a*) affine di prevenire la dissipazion de' vapori, che senza de' monti sarebbero cacciati verso il Settentrione, tutto ciò, ed altri vantaggi ci fanno conoscere la necessità de' monti, e la Sovrana Providenza del Divino Artefice nel fabbricarli. Or' essa che tanto invigila alla conservazione del mondo, non solo dee opporsi alla distruzione de' monti, ma ancora impedire la loro diminuzione, che a quella a poco a poco li dispone. Altrimenti potria avverarsi ciò che qualche empio disse, che il mondo avea bisogno di quando in quando di qualche riparazione, e che il Divino Artefice caricava soven-

(*a*) Derham Teologia fisica.

sovente le molle alle sue macchine. Or' egli è certo, che tale diminuzione nella mole de' monti non si riconosce, o sia che ella non sia sensibile rispettivamente alla grandezza loro assoluta, o sia che alla natura non manchino infiniti compensi, onde rimettere a monti ciò che si toglie. Noi sappiamo che la natura è feconda d' infiniti ripieghi, e che non le mancano infiniti mezzi a mantenere l' equilibrio del mondo. Anche il Sole fino da 6000. anni diffonde continuamente la sua luce per l' universo; eppure chi s' è mai accorto di alcuna diminuzione o nella vivacità, o nella copia de' raggi suoi? Polibio *(a)* pensava che verrebbe finalmente un giorno, in cui l' alveo della palude Meotide sarebbesi disseccato. Poiche occupando gli alvei uno spazio definito, per quanto poco di materia in essi v' entri, se ciò avvenga senza interruzione continuamente, egli è d' uopo, che finalmente si riempiano. Che se la materia, che v' entra è molta, e quasi infinita, egli è certo che non andrà guari, che essa dovrà riempiersi. Eppure dopo quasi due mila anni la palude

(*a*) Polyb. Hist. lib. IV.

de Meotide non è ancora piena; nè il ſuo ſtato preſente è molto differente dall' antico, nè ſi ſa il metodo dalla natura tenuto in ſimili operazioni. Anche Childrey penſava, (a) che la Terra doveſſe aver cangiata la figura sferica nell' ellittica, allungandoſi verſo i poli, a cagione delle molte nevi che ogni anno vi cadono in quelle parti; ed eſſendo maggiore la quantità che aggiugneſi di quella che ſi dilegua, e ſcioglie; inferiva che tanti ſtrati di neve gli uni ſopprappoſti agli altri aveſſero ridotta la figura della Terra ad una elliſſi ſchiacciata all' equatore, e prodotta ne' poli. Eppure dalle ultime oſſervazioni fatte al Nord, ed al Quito ſi ſa eſſere la coſa diverſamente. Conviene da tutto ciò dedurre, che le molte vicende, che avvengono al noſtro globo, ſono in ſe ſteſſe infiniteſime, e affatto inette a turbar l'equilibrio, e la figura dell' Univerſo. Ora ſiccome non ſi ravviſa mutazione ſenſible ne' monti, che ſomminiſtrano i ſaſſi agli alvei de' fiumi; così non è maraviglia che ſi riconoſcano in queſti frequenti rialzamenti, come che ſpeſſo ricevano nuova materia. Chi

volef-

(a) Britannia Baconica.

volesse rintracciare di ciò la cagione, potria ritrovarne parecchie producitrici di tal fenomeno. Le piene de' torrenti non avvengono molto soventemente: nella state, e nel verno sono assai rare, e per lo più durano poche ore: il più furioso precipizio de' sassi s' osserva ne' primi scarichi violenti dell' acque: gli alvei de' gran torrenti son lunghi, e vasti: gli strati de' fiumi col corso del tempo si comprimono, e riducono a minor volume: molte volte i letti de' torrenti cangian sito, abbandonan gli antichi, e se ne forman de' nuovi. L' alveo presente del Taro è differente dal vecchio almeno nel passo da Piacenza a Parma, ove si veggono ancora i residui vestigj dell' antico ponte, fino a quali qualche volta arriva l' inondazione del torrente nelle grandi piene. Nel cammino da Ferrara a Bologna s' incontrano varj letti abbandonati dal Reno, e in altre parti d' Italia, come verso Ravenna, (a) si presentano a viaggiatori non rade volte simili cangiamenti de' loro letti. Ora tali osservazioni ci guidano a varie conseguenze assai giuste. Se le piene son rare, ed assai corte, se i letti de'
fiumi

(a) Zendrini, leggi, e fenomeni dell' acque.

fiumi s' estendono a molte miglia, adunque rade volte l'anno si fa loro giunta di nuova ghiarra, e questa distribuita in molte miglia appena riuscirà sensibile ad esso letto: aggiungesi, che parte di questa ghiarra componesi d'arena, che s'avanza fino alle foci, e sovente entra per fino in mare: che gli strati superiori comprimano gl' inferiori, e col progresso del tempo assai s'abbassino, ciò si vede ogni giorno negli alzamenti di terra, negli argini, negli spalti, ed altri lavori di fortificazione, che in poco tempo si deprimono sensibilmente. Che se qualche volta avvenga un'alzamento prodigioso d'esso letto, allora le acque saranno obbligate ad abbandonarlo, e a gettarsi in un fondo più basso, come alla maggior parte de' fiumi dopo una lunga serie d'anni suol' avvenire. Non niego io ciò che in appresso aggiugne il Guglielmini, vale a dire, che il polimento, e la figura de' sassi, il mormorio, ed il fragore dell'acqua arguiscono l'azione dell'acqua ne' sassi, e quella di questi in se medesimi: nè che dallo sfregamento ne risulti qualche diminuzione di mole, mutazion di figura, assottigliamento di superficie: io solo

solo niego l'intero disciоglimento de' ciottoli, fino a ridursi in minutissima arena. Per entrare a fondo nell'esame di questa materia, convien por mente all'acqua che agisce nel sasso, e alla diminuzione del suo momento. I sassi divelti da monti precipitano giù dalle lor falde rotolandosi per lo più circa di lor medesimi, e in guisa sono sbalzati ne' letti sottoposti da' torrenti, seguendo a rotolarsi fino che si fa minore il pendio, e maggiore la resistenza che incontrano: in appresso o sdrucciolano radendo il fondo, o seguendo la forza, e la direzione dell'onda, ora pare che galleggino, ora che s'abbassino verso il fondo, ora si rialzino senza ordine, avanzandosi, e ubbidendo a un tempo stesso a infiniti elementi irregolari, che li governano. Più eglino viaggiano, più scema la forza dell'acqua, che li spigne, e più crescono le resistenze, che li trattengono. Ora ciò supposto, affinche i sassi durassero nel loro corso sempre logorandosi continuamente, converrebbe che la diminuzione del peso del sasso fosse proporzionale alla diminuzione della forza dell'acqua, ovvero che il residuo del peso fosse equilibrato col

to col resíduo della forza dell' acqua, ovvero che in maggiore ragion fosse il logoramento de' sassi della diminuzione del momento dell' acqua: altrimenti i sassi s' arresterebber tra via. Che a misura che i sassi s' alleggeriscono consumandosi, venga nella stessa proporzione perdendo l' acqua la forza sua, ell' è una combinazione assai rara, ed un caso moltissimo singolare. Degl' infiniti rapporti che possono avervi tra la resistenza del sasso, e la velocità dell' acqua, si verifichi costantemente quello che sembra il più difficile, non so indurmi a crederlo sì facilmente. Osservisi primieramente, che il momento dell' acqua ne' sassi scema in maggior ragione che la velocità dell' acqua che gli urta, e preme. Un esempio rischiarerà la quistione, e renderalla più facile, e popolare. Suppongasi che la velocità dell' acqua a piedi del monte sia di 10. gradi, e dopo 2., o 3. miglia di corso ritardata da molti elementi riducasi a 5. precisamente. Credete voi che quell' acqua che conserva velocità 10., e promuove i sassi di libbre 20., ridotta a 5. gradi di velocità potrà dar moto a medesimi sassi diminuiti della metà

del

del lor peso? Il momento dell' acqua ne' sassi, essendo tutto il resto eguale, è come il quadrato della sua velocità, onde avendo questa gradi 10., sarà 100., e quello delle velocità 5. sarà 25., cioè quattro volte minore. Quindi per potere dar moto al sasso converrebbe ch' ei fosse divenuto quattro volte più leggere di prima. Ora è egli verisimile, che la mole del sasso diminuisca come il quadrato della velocità dell' acqua? Per ciò ben comprendere, osservisi minutamente tutto il meccanismo, ed artifizio che può usar la natura nel logoramento de' sassi. Lo sfregamento producesi allora che due corpi duri, uno de' quali si muove sopra dell' altro, si premono, ed urtano scambievolmente; sicchè le parti più minute risaltanti dalla superficie dell' uno s' inviluppano, ed entrano ne' minuti cavi, ed abbassamenti della superficie dell' altro. Lo sfregamento addiviene maggiore quanto più cresce la pressione, e la velocità de' corpi, che s' urtano, e sfregano. La forza della pressione ne' sassi risulta dal peso de' sovrastanti che premono, e dalla materia, che gravita sopra d' essi: lo sfregamento è diverso ne' corpi che discen-

dendo

dendo si rivolgono intorno il loro centro di gravità, e in quelli che sdrucciolano paralleli al fondo dell'acqua, e sempre presentano la stessa parte della lor superficie a sassi che rincontran nel fondo. Nel prima caso lo sfregamento è minore, nel secondo di lunga mano maggiore. La resistenza prodotta dallo sfregamento, e dalla pressione adegua, secondo gli sperimenti replicati da Amontons (a), e da altri, ad una terza parte del peso de' corpi. S' osserva, che i sassi de' torrenti comunemente sogliono essere di poco peso. Questo stesso si diminuisce entro dell'acqua: giacchè secondo le leggi dell' Idrostatica, ogni corpo solido demerso in un fluido perde tanta parte del peso suo, quanto è il peso dell'acqua, il cui volume adegua la mole del solido, onde la pressione sarà proporzionale al residuo di tale peso, che comunemente riducesi a poco. Riflettasi ancora che i sassi tosto che son divenuti politi, e lisci, sono soggetti a uno sfregamento minore. Poiche derivando questo dall'intreccio scambievole delle parti, che risaltano, e che s' abbassano, una volta ch' esse sieno

(a) Mem. dell' Acad. Royale des Sciences 1700.

spianate, e rase, scema lo sfregamento. Quindi osservasi, che le macchine nuove, e gli orologi sul principio riescono più tardi al moto, e più presto abbisognano della mano dell' artefice che li purghi, e mondi di quella minuta polvere metallica che distaccasi dalla forza del mutuo strofinamento: più eglino s' usano, e adoprano, più agili e spediti riescono i movimenti, e più lungo tempo mantengonsi netti, e mondi. La velocità ancora de' corpi che scambievolmente s' urtano, e sfregano, egli è un' elemento, che non si vuole negligentare nella misura e quantità della frizione. Si danno de' casi, ne' quali la velocità accresce lo sfregamento, ed altri ne' quali lo tempera, e lo diminuisce. Più veloce s' aggira la ruota del torno, più giri nel tempo stesso si descrivono da quel cilindro, ex. gr. cui applicasi il bulino, o il ferro, che lo và assottigliando, e riducendo a volume minore. Perche più frequenti sono i giri, più volte le stesse parti del medesimo corpo ritorneranno ad esser tormentate, e obbligate a soffrire qualche distaccamento; onde se sul principio la ruota compierà un giro, mentre poscia di-

venu-

venuta più presta ne compie dieci, l'istesso punto della circonferenza del cilindro, che prima soffriva un solo sfregamento, ora ne soffre dieci, e se ogni volta ne distacca, e morde un'elemento, o particella di materia, lo sfregamento nel secondo caso sarà decuplo dal primo. Qualche volta pare che la velocità diminuisca gli sfregamenti. Più veloce, e agile corre un cocchio sopra un dato piano, minor pressione egli esercita sopra d'esso: in guisa che tal volta è avvenuto, che i corpi de' viventi premuti dalle ruote, che sopra vi correvano, appena danno leggerissimo ne han sofferto. Osservisi tutto ciò che concorre ad accrescere, e diminuire il momento della pressione nel caso addotto. V'è il peso del cocchio costante, v'è la direzione della gravità perpendicolare alla superficie del piano: v'è quella della velocità parallela al medesimo piano, che supponesi orizzontale. L'effetto dell'azione della pressione tanto è minore, quanto è più brieve il tempo, in cui agisce; e se egli divenisse infinitesimo, anch'essa pressione sarebbe infinitesima, onde un punto del piano, ch'è premuto dal cocchio per un tem-

po menomo, appena risentesi al momento della pressione; perciò un' ardente carbone, che per un tempo minimo arrestasi sopra una mano, non l'offende, come osservasi, quasi ogni giorno. Non altrimenti un sasso, polito, e liscio che velocissimamente muovesi sopra un'altro, appena lasciavi alcuna orma, e impressione. La quantità dello sfregamento dipende da qualche altro elemento, cioè dalla resistenza della materia ad esser disciolta: e questa è in ragione composta della densità della medesima, e della tenacità de' suoi minimi elementi, che li tiene uniti, e congiunti. Più densa è la materia, più particelle ella contiene entro un volume stesso, e conseguentemente cresce la resistenza in ragione delle particelle, che si debbon radere; e più tenace è il legamento ch' esse serbano tra di loro, più forza vuolsi a ottenerne lo scioglimento. Ciò supposto, applichiamo le date dottrine allo sfregamento che soffrono i sassi. Finche essi discendono rotolando, e rivolgendosi intorno il lor centro di gravità, lo sfregamento è assai tenue, e leggiere. Egli appartiene a quella spezie che chiamasi di moto *volvente*, in cui diversi

 punti

punti del mobile sempre corrispondono a diversi punti del piano sui cui appoggiasi: tanto più che in tal discesa molte volte i sassi nuotan nell' acqua stessa, come nuota nell' aria un sasso, che discende dall' alto. Ma nell' altro caso ancora, in cui eglino sdrucciolano verso il fondo, conviene esaminare come la cosa sia. Egli è verisimile primieramente, e naturale, che s' adattino in guisa, e dispongano nell' acqua, che presentino ad essa quella parte di superficie, ch' è più sottile, ed acuta, e radano il fondo col largo, cioè coll' altra parte schiacciata, e piana. Questa giacitura, e direzione è la più conforme al centro di gravità, che discende quanto più basso può: e difficilmente si potriano concepire i sassi starsene quasi ritti in piedi, ed equilibrati su lor medesimi: in appresso i corpi obbligati al corso, che sono volubili, e liberi, s' adattano, e piegano verso quella parte, ove incontrano meno di resistenza. Ciò è sì noto, e chiaro che salta di per se agli occhj. E qual minor resistenza può immaginarsi di quella che offre un sottil velo d' acqua al taglio acuto d' una pietra, che obbliquamente l' in-

veste, e fende? Aggiungasi, che la velocità dell' acqua verso il fondo è la minore di tutte, secondo le sperienze più volte fatte (a). La ragione di ciò, in cui convengono tutti gli scrittori dell' acque, desumesi dall' ostacolo che esse incontrano nel radere il fondo del fiume. Eppure tale ritardamento è assai minore per l' acqua, che per li sassi, che le sono contigui. Quella essendo fluida se non può trascorrer da un lato, si piega, e trascorre da un' altro, e s' avanza. All' opposito i sassi come solidi, e d' una costante, e determinata figura, se s' avvengono o in qualche risaltante banco d' arena, o in qualche pezzo di tronco d' albero, fa di mestieri che s' arrèstino, o almeno si ritardino. Rado è ancora che tra sasso, e sasso che strofinansi, non vi s' interponga o arena, o belleta, o altra materia terrea, che non aggiunga qualche grado di tardità alli medesimi sassi. Ora vedete quanti elementi concorrono o a diminuire all' acqua la sua azione ne' sassi, o ad accrescere ad essi la resistenza. Ma restaci ancora l' esame del più forte principio, cioè a dire quello che rende lo
sfre-

(a) Zendrini leggi, e fenomeni dell' acque.

sfregamento e disfacimento de' sassi più difficile, cioè la tenacità, e la coesione delle particelle elementari che li compongono. Affine di mettere un po' in lume tal cosa, conviene incominciare da più alto, ed entrare in una ricerca filosofica. Chi ben' esplora l' interna costituzione, o costruzione de' sassi, ritrova che non tutti sono similmente organizzati: avviene altri che sembran composti d' una minutissima grana tenacemente legata: avvene d' altri, le cui parti sono divise in suoli, e piani, che sembrano un sopra l' altro regolarmente applicati: avvene ancora, che rappresentano una tessitura distesa in lunghe fibre legate insieme: finalmente se ne ritrovan parecchi ancora, che nè grani, nè strati, nè fibre contengono. Altri di questi sono diafani, e trasparenti, altri partecipano un po' dell' opaco, e del diafano, al qual genere appartengono le selci, che hanno uso nel riscuoterci, e accenderci il fuoco. Il lor carattere costantemente conosceli sbliscio, e polito, che ci presentano nell' atto che si fendono interiormente. La solidità di tutte le pietre deriva da un suco delicato, e tenace, che cola per entro le fibre, e le

arene, o i suoli d'essa pietra, che le inviluppa, e penetra, e congelandosi, e indurandosi comunica la stessa congelazione, e durezza a tutta la massa, che lo comprende. Ma le pietre di questo ultimo genere, quali sono le diafane, e le simili a loro, ad altro non debbono la loro generazione, e accrescimento, che a un certo liquido, che altri chiama suco cristallino, altri pietrifico, che deponesi continuamente, e s'aggrumola sulle volte, o sulle pareti, o sul fondo di certe grotte sotterranee, che a poco a poco s'indura, e consolida; onde dall'unione di tali particelle solide deposte l'una sopra dell'altre si forman col progresso del tempo le pietre cristalline, i marmi più fini, e duri, le agate, gli ametisti, le corniole, ed altre simili. Alcuni riguardano questo suco come una sabbia estremamente minuta, e fina, ch'è in istato di sostenersi facilmente nell'acqua, e quasi sensibilmente vedesi l'accrescimento, che le masse acquistano al colare, e aggrumolarsi, che su d'esse fa continuamente un tal licore. In oggi par certo che la maggior parte de' sassi duri sia una volta stata una massa in altri affatto molle, in altri arenosa.

fa, ma dalla penetrazione d' esso suco indurata. Le operazioni della natura in tutt' i generi de' corpi sono tra loro analoghe, ed armoniche; e benchè in alcune minute circostanze i fenomeni sieno varj, e differenti, nella sostanza però convengono. Non proviene solo a sassi la coesione del suco tenace, che per entro loro ristagna, ma altresì a vegetabili, ed a metalli. Quelli da ciò, che somministra loro il nudrimento, ottengono ancora la loro forza, e robustezza: Questi da zolfi, e da sali ne' loro seni raccolti, una volta liquidi, poscia rappresi traggono la lor durezza. Quindi se per mezzo d' un violento fuoco si rendono liquidi essi zolfi, e sali, e si sviluppano da seni metallici, ecco che il metallo perde parte di quella solidità, che da lor derivava. Non è sì agevole definire la quantità, e il grado di durezza de' sassi. Siccome variano tra loro di spezie, così differiscono ancora nella solidità: Ci mancano ancora gli sperimenti de' Fisici sulla durezza, e resistenza de' metalli, e Muschembroek che ne ha fatti tanti su i legni, nessuno ne ha tentato su quelli. Egli par certo che dalla più lunga durazione, e con-

conservazione de' sassi sopra quella de' più incorruttibili legni, e della molta, e molesta fatica che ricercasi a polirli, e lisciarli, si può argomentare quanto maggiore se ne ricerchi a distruggerli, e consumarli. Quanti anni, e secoli non si mantengono quasi intatte le pietre delle pubbliche strade continuamente battute da cocchj, da carri, da cavalli, da viaggiatori, e appena vi si scorge orma di veruno logoramento. La via Appia stessa cotanto usata da Romani, e secondo qualche sua parte conservata fino in oggi ci presenta le grandi sue pietre così sane, e intere, come fossero jeri divelte dal monte, e in opera collocate. Provisi a strofinare insieme due pietre prese dal letto di qualche fiume: vi si interponga arena, ed acqua, o altra materia, e mettasi a calcolo la fatica, e il tempo che ricercasi a consumarle. Non so veramente se simil forza in simil guisa applicata riconoscer possasi nell' acqua, che obbliquamente agisce sopra la minor parte della superficie de' sassi, che in mille ostacoli s' avvengono, senza metter a conto la leggerezza de' sassi, che poco contribuisce alla pressïon verticale da

cui

cui principalmente dipende la forza dello ſtrofinamento. I fautori dell' opinione del Guglielmini pretendono d' avvalorarla o colla figura de' saſſi, e colla molta ſabbia, ed arena, che ſi ritrova ne' letti de' fiumi. La rotondità della figura, alle quale proſſimamente molti s' accoſtano, penſano che ſiaſi da loro acquiſtata per mezzo della frizione de' saſſi colla sabbia, e coll' acqua, onde abbia loro abbattuti, e ſmuſſati gli angoli: anche le pietre che ſono eſpoſte al fluſſo, e rifluſſo del mare per lo più ſono rotonde, o ellittiche, quali ſi veggono dalla Rocella (*a*) fino alla celebre *digue*. La sabbia che oſſervaſi, che altro contiene ſe non gli elementi di pietre diſciolte, e logore? Chi così penſa, ſembra di non avere ſtudiata bene la natura, e di non eſſerſi fermato molto a conſiderare le ſue produzioni. Io mi luſingo, che non avrò a durare molta fatica per dimoſtrare deboli tali pruove; pur che mi ſi permetta di mettere ſotto gli occhj varj lavori della natura. Non niego io veramente, che tal volta lo sfregamento de' saſſi tra loro mediante l' azione dell' ac- qua,

(*a*) Memoires del' Academie Royale des Sciences.

qua, e dell' arena più fina non possa abbattere gli angoli delle pietre aspre, e irregolari, massimamente nelle grandi correnti dell' acqua; ma non perciò posso ammettere come legge, e regola universale, che la figura rotonda de' sassi sia affatto dallo sfregamento prodotta. Se non si ritrovassero se non se ne' letti de' fiumi sassi di tal figura, converrebbe opinare, e giudicare con essi. Ma come e ne' seni de' monti, e nelle grotte più rimote da' fiumi, e in molti altri luoghi della terra s' osservano pietre così figurate, conviene entrare in altre idee, ad addottare un' altro sistema. La figura rotonda secondo Reaumur de' sassi di un determinato sito di Francia non è di sì agevole spiegazione. Diremo forse che le piogge cadendo su loro di rozzi, e irregolari li riducano ad una così perfetta figura? Vi vorrebbe una tempesta molto furiosa, e lunga, ed in tal caso sarebber divenuti tondi da un solo lato. Egli sembra, come siegue lo stesso Autore, che le pietre affettino la figura rotonda, come i cristalli la esagona: come che non tutte le pietre s' accostino alla figura sferica, tutte però
hanno

hanno qualche grado di rotondità: i loro angoli sono quasi tutti smussati, nè mai se ne veggono d' acuti: la loro sezione trasversale partecipa sempre del cerchio, o d' una curva che ritorna in se medesima: ne ho veduti degli strati considerabili, e tutti aveano questa sorta di rotondità, e che l' hanno verisimilmente amata fino dalla loro generazione. Questa istorica relazione è presa interamente da Reaumur (*a*). Un' altro autore in tal genere assai accreditato (*b*) non la discorre altrimenti. Non credo, dice egli, che l' essere smussati, o ritondati i ciottoli, o sassi de' torrenti, e de' fiumi sia derivato dall' essere rotolati giù per essi. Tra questi ve ne sono di piatti, e schiacciati. Ma chi può credere che a tal figura siano ridotti dall' essere precipitati giù per li fiumi? Anzi io penso che la madre natura abbia fin da principio a ciascun di que' sassi formata la figura rotonda, o ellittica; e che l' essere eglino compressi; e schiacciati sia lor venuto da qualche peso, che nello stato di teneri, e molli gli abbia premuti, e abbassati.

(*a*) Mem. del' Acad. Royale des Sc. 1723.
(*b*) Moro de' Crostacei.

ſati. Affine poi di comprendere onde derivi la quantità dell'arena, che ſpeſſo copre il letto, e le ſponde de' fiumi, baſta vedere le fenditure de' monti, come ci vengon deſcritte dal Valliſnieri, diligentiſſimo oſſervatore della natura. Queſte ci ſi preſentano diviſe in varj suoli; altri paralleli al doſſo del monte, altri all'orizzonte: altri ſon verticali, ed in un luogo contengono pietre già formate, e perfette, in un'altro che ſi generano, e formano, ed altrove altro non incontraſi che minutiſſima arena, la qual comincia ad acquiſtare qualche legamento, e conneſſione: finalmente non rade volte vedeſi poſatura di terra, di ſabbia, di minuti ciottoli, di arena, e d'un miſto di ſabbia, e pietra: qualche volta ſi ravviſano delle vene di tufo, di marmo, di geſſo, di tartaro, di metallo, e di altri minerali. Ciò ſuppoſto, ecco il principio onde deriva tanta arena, che copre i letti de' fiumi, ſenza ricercarla ne' ſaſſi logori, e diſciolti. Di là trae la belletta, che infoſca l'acqua: di là viene quella diverſità di materie, che, ne ſpecificano le qualità de' monti da cui diſcendono.

Da

Da ciò che fin' ora s' è detto, non solo parmi d' avere fatto conoscere la falsità dell' opinione contraria, ma ancora d' avere almeno indirettamente dimostrata la verità della mia, la quale, esclusa quella, dee necessariamente essere sostituita in sua vece. Con tutto ciò non sono io pago, e contento, se non avvaloro ancora la mia con sode, e robuste ragioni, e coll' autorità d' uomini sperimentatissimi nella scienza della natura. All' autorità del Guglielmini oppongo quella del Viviani, (a) scolare del gran Galileo, il quale osservando che i sassi di maggior mole s' arrestano ne' siti più alti, e vicini alla sorgente de' fiumi, ed i minori ne' luoghi più bassi, determina che la massima assoluta forza dell' acque correnti conghietturare si debba dalle materie, che lasciano quà, e là per l' alveo: mentre non valendo più avanti promoverle, è segno manifesto, che il massimo della velocità viene misurato dal peso di quella tal materia, che resiste ad esser promossa avanti. Così a Piacenza arrivano i sassi portati nel Po dalla Trebbia della grandezza di mezzo piede in circa: [illegible] nè mai

(a) Discorso sulle corrosioni de' fiumi.

nè mai oltre s' avanzano, nè mai arrivano fino a Cremona. Se fosse vera l' opinione contraria, tali sassi dalla Trebbia fino a Piacenza dovriano essere logorati in modo che in Piacenza divenuti di mole minore avriano potuto seguire il lor viaggio, e perdendo parte della lor resistenza, e del lor peso essere trasferibili in altro sito dalla forza dell' acqua diminuita. Ma ciò che aggiugne più credito alla mia opinione, si è un' altra osservazione fatta in parecchi torrenti assai rapidi, e violenti. Osservasi, che i letti de' torrenti là lasciano d' essere sassosi, dove cessano d' essere sassose le loro rive adjacenti, il che avvenir non dovrebbe, se forza avesser le acque di trasferir assai lungi i lor sassi. Si sa che la forza dell' acque verso le sponde comunemente è la minima, essendo la massima, ove è lo spirito, ed il filone, che per lo più, massimamente ne' fiumi che non son tortuosi, ritrovasi verso il mezzo. Ora se i sassi del letto giungono fin dove arrivano que' delle sponde, chi non vede che non vi ha se non poca forza nell' acqua, insufficiente a spingerli avanti a proporzione di quella che vorrebbesi, per superare

l' iner-

l'inerzia de' saſſi? V' ha veramente, come ho detto, divario tra il momento dell' acqua nel mezzo, e quello delle rive; ma tal differenza benche ſia ſenſibile per rapporto ad eſſe acque, rieſce però menoma per vincere la reſiſtenza de' saſſi. Nel Friuli Veneto i torrenti Colvera, Celline ſono aſſai rapidi, e impetuoſi: con tutto ciò poco avanti traſportano i loro ciottoli. Aggiungaſi, che ſe foſse vero ciò che dicono gli avverſarj, queſti torrenti uniti inſieme, e corroborando la lor forza, ed entrando in un' altro gagliardo torrente, che chiamaſi *Meduna*, onde tutti e tre in appreſso hanno il medeſimo comune letto, dovriano con tanto accreſcimento d' acque trarre i saſſi fino alla Livenza, ov' eſſi sboccano: eppure ciò non avviene, ma molte miglia ſi rimangono eſſi indietro, e colà laſciano di farſi vedere, dove finiſcono d' averne le loro rive, o pochi centinaja di piedi avanti. Ma perche meglio comprendaſi la verità della coſa, immaginatevi che quaſi ſulle moſſe d' un lungo ſtadio vi ſieno collocati ſulla ſteſſa linea di fronte parecchi corpi di diverſa mole, peſo, e figura forniti, ſu quali una ſteſſa

quan-

quantità, e misura di forza incomincia ad esercitare la sua azione. Già dalle leggi della comunicazione del moto, e da quelle dell' inerzia è certo, che non tutti questi corpi riceveranno velocità eguale, resistendo essi al moto in ragion delle masse, ed i più piccioli s' avanzeran più veloci, i grandi più lentamente. Egli è vero, che per la stessa ragione avvenendosi tutti in ostacoli eguali, più saranno ritardati i piccioli, che i grandi: giacche ciascuno resiste a cangiare di stato in ragione della sua massa; ma egli è altresì vero che appena è possibile il caso degli ostacoli eguali, e più comunemente saranno ritardati i grandi che gli altri, e quelli arrestati che sieno una volta, sarà assai malagevole che ricevano nuovo moto. Lo sfregamento è maggiore ne' grandi pel maggiore lor peso, e questa è una resistenza continua, e quasi una forza passiva continuamente applicata: all' opposito i sassi minuti nuotano in mezzo l' acqua soventemente, e si lasciano volgere dall' onda, e trasportare dalla seconda del fiume. Immaginatevi in secondo luogo un fondo irregolare, ove alcuni sassi, che lo compongono, rilal-

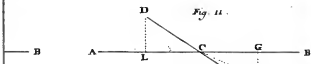
rifaltano fopra gli altri, ed alcuni s' abbaffano. Quefto fondo ora è fcofcefo e duro, ora è molle, umido, e tenace: Quì i ciottoli s' incontrano con degli angoli, che li arreftano: là s' imprigionano nel lezzo, e nel fango, che gl' impania, e lega, e avvegnacche ricevano nuovi urti dall' acqua, che in loro agifce, in maggiore però ragione riefce la refiftenza, che loro fcema il momento, e in un' attimo li ferma, e imprigiona. Che fe, come fovente accade a torrenti, che dopo poche ore ricevendo minore piena d' acque, impoverifcano, e manchino di valore, e di forza, tanto più prefto diverrà languido il corfo a faffi, e più corto il lor cammino. Ho fin quì efpofti que' fentimenti che mi parevano più opportuni al trattato del prefente foggetto: fe gli avverfarj avranno delle ragioni più forti, le propongano, che io farò fempre pronto a dichiararmi vinto, e ad arrendermi alla verità, e alla ragione.



Die 23. Octobris 1753.
IMPRIMATUR
C. *Albertus Malpeli Auditor Delegatus &c.*

Die 23. Octobris 1753.
IMPRIMATUR
F. *Raymundus Maria Migliavaca Vicarius Generalis S. O. Parmæ.*

VIDIT
Raffi Præses R. C.


Fig. II.
D
A
L
C
G
B
K
F

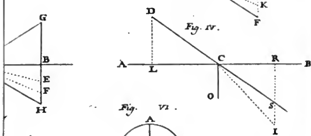
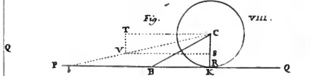
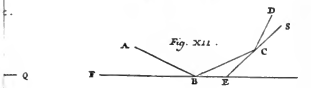
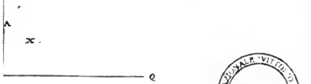

G
B
E
F
H
D
Fig. IV.
A
L
C
R
B
O
S
I

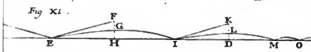

Fig. VI.
A
D
E
P
K
H
Q
B


Fig. VIII.
T
C
V
S
R
P
B
K
Q


D
S
A
Fig. XII.
C
F
B
E


Q
A
X.
Q




Fig XI.
F
G
K
L
E
H
I
D
M
O
B



